Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

L'ÉTHYLBENZÈNE

Canada

Juin 1984

5-0073/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

L'ÉTHYLBENZÈNE

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

OTTAWA
JUIN 1984
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Ethylbenzene
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

Imprimé
par le ministère des Approvisionnements et Services
N° de catalogue: En 48-10/2-1984 F
ISBN 0-662-925-98-X

©
Ministre des Approvisionnements et Services
1984

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos III
Remerciements III
Liste des figures VII
Liste des tableaux VIII
Abréviations et symboles X
Définitions XI
Sigles XI

1 **Résumé**

2 **Propriétés physiques et chimiques**

3 **Production, transport et commerce**
3.1 Qualité et titre du produit 9
3.2 Fabricants situés au Canada 9
3.3 Itinéraires utilisés pour le transport 9
3.4 Volume de production 9
3.5 Développement de l'industrie 9
3.6 Fabrication industrielle 9
3.6.1 Information générale 9
3.6.2 Procédé de fabrication 10
3.7 Principales utilisations au Canada 10
3.8 Principal acheteur au Canada 10

4 **Manutention du produit et compatibilité**
4.1 Citernes et autres récipients d'expédition 11
4.1.1 Transport en vrac 11
4.1.1.1 Wagons-citernes 11
4.1.1.2 Véhicules-citernes routiers et conteneurs-citernes 13
4.1.2 Transport en fûts 14
4.2 Déchargement 14
4.2.1 Matériel et procédés de déchargement des wagons-citernes 14
4.2.2 Matériaux de fabrication des organes de déchargement et spécifications 15
4.3 Compatibilité entre l'éthylbenzène et différents matériaux 17

5 **Fuite et migration du produit**
5.1 Aperçu général 20
5.2 Fuite du produit 20
5.2.1 Introduction 20
5.2.2 Nomogrammes 21
5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps 21
5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement 21
5.2.3 Exemples de calcul 21
5.3 Diffusion dans l'atmosphère 23
5.3.1 Introduction 23
5.3.2 Nomogrammes de diffusion du panache de vapeurs 23
5.3.2.1 Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe et de la température 23
5.3.2.2 Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent 25
5.3.2.3 Demi-largeur maximale du panache dangereux 31
5.3.2.4 Distance parcourue par le panache, en fonction du temps écoulé 32
5.3.3 Exemple de calcul 32
5.4 Comportement dans l'eau 36
5.4.1 Introduction 36
5.4.2 Nomogrammes 36
5.4.2.1 Rayon de la nappe en fonction du temps (eau calme, non confinée) 36
5.4.2.2 Longueur de la zone touchée en fonction du rayon (équivalent) de la nappe (eau calme, confinée) 36

5.4.2.3	Distance de dérive en fonction du temps (absence de vent)	39
5.4.2.4	Addition vectorielle du courant de surface et du vent	39
5.4.3	Exemples de calcul	39
5.5	Comportement dans la subsurface	42
5.5.1	Introduction	42
5.5.2	Nomogrammes de la migration dans le sous-sol	44
5.5.3	Exemple de calcul	44
6	**Protection de l'environnement**	
6.1	Limites maximales admissibles	48
6.1.1	Eau potable	48
6.1.2	Air	48
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	48
6.2.2	Mesure de la toxicité	48
6.2.2.1	Toxicité en eau douce	48
6.2.2.2	Toxicité en eau salée	49
6.2.3	Études sur le milieu aquatique	50
6.3	Autre toxicité dans l'air et sur terre	50
6.4	Études sur les effets toxiques	50
6.5	Dégradation du polluant	51
6.5.1	Demande biochimique en oxygène	51
6.5.2	Demande chimique en oxygène	51
6.5.3	Dégradation biologique	51
6.5.4	Dégradation chimique	51
6.5.5	Autres études	51
6.6	Devenir et effets à long terme	51
7	**Effets sur la santé**	
7.1	Normes d'exposition recommandées	52
7.2	Données sur les propriétés irritantes	53
7.2.1	Contact avec la peau	53
7.2.2	Contact avec les yeux	54
7.3	Seuils de perception des caractères organoleptiques	54
7.3.1	Odeur	54
7.3.2	Goût	54
7.4	Études à long terme	54
7.4.1	Inhalation	54
7.4.2	Ingestion	57
7.4.3	Tératogénicité	57
7.5	Symptômes d'intoxication	57
7.5.1	Inhalation	58
7.5.2	Ingestion	58
7.5.3	Contact cutané	58
7.5.4	Contact avec les yeux	58
7.6	Toxicité des produits de décomposition ou de combustion pour l'homme	58
7.6.1	Monoxyde de carbone et dioxyde de carbone	58
8	**Compatibilité chimique**	
8.1	Compatibilité entre l'éthylbenzène et divers produits chimiques	60
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	
9.1	Mesures recommandées	61
9.1.1	Risques d'incendie	61
9.1.2	Moyens d'extinction	61
9.1.3	Mesures d'intervention	61
9.1.3.1	Information générale	61
9.1.3.2	Déversement sur le sol	61
9.1.3.3	Déversement sur l'eau	62
9.1.4	Nettoyage et traitement	62

9.1.4.1 Déversement sur le sol 62
9.1.4.2 Déversement dans l'eau 62
9.1.4.3 Information générale 63
9.1.5 Données sur la filtration au charbon 63
9.1.6 Élimination du polluant 63
9.1.7 Appareils et vêtements de protection 64
9.1.8 Précautions spéciales 64
9.2 Équipement, produits ou systèmes spéciaux 64

10 Cas de déversements accidentels
10.1 Déversement accidentel dans une usine 65

11 Identification et dosage des polluants
11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyses quantitatives) 66
11.1.1 Chromatographie en phase gazeuse 66
11.2 Identification du polluant présent dans l'air (analyse qualitative) 67
11.3 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyses quantitatives) 67
11.3.1 Chromatographie en phase gazeuse 67
11.3.2 Spectroscopie de l'infra-rouge 67
11.3.3 Gravimétrie 68
11.4 Identification du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative) 68
11.5 Dosage du polluant présent dans le sol (analyses quantitatives) 68
11.5.1 Chromatographie en phase gazeuse 68
11.5.2 Spectroscopie de l'infra-rouge 68
11.6 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative) 69

12 Références et bibliographie 70
12.1 Références 76
12.2 Bibliographie

LISTE DES FIGURES

1 Viscosité du liquide en fonction de la température 6
2 Masse volumique du liquide en fonction de la température 6
3 Tension superficielle liquide/air en fonction de la température 7
4 Diagramme de phase 7
5 Tension de vapeur en fonction de la température 8
6 Wagon-citerne – classe 111A60W1 12
7 Fûts typiques 16
8 Wagon-citerne perforé dans le bas 21
9 Pourcentage de liquide restant/temps d'écoulement 22
10 Débit de fuite/temps d'écoulement 22
11 Formation d'un panache de vapeurs 24
12 Étapes à suivre pour déterminer la zone dangereuse 26
13 Débit d'émission de vapeurs à différentes températures, en fonction du rayon de la nappe 27
14 Teneur uniformisée en vapeurs en fonction de la distance sous le vent 28
15 Conversion en g/m^3 de la TLV® 29
16 Conversion en g/m^3 de la limite inférieure d'inflammabilité 30
17 Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé 34
18 Zone dangereuse maximale sous un vent invariable 35
19 Zone dangereuse maximale sous un vent variable 35
20 Rayon de la nappe, en fonction du temps (eau calme, non confinée) 37
21 Longueur de canal touchée, en fonction du rayon de la nappe (eau calme, confinée) 38
22 Distance de dérive (aucun vent) 40
23 Addition vectorielle du courant de surface et du vent 41
24 Migration dans le sous-sol 43
25 Plan d'utilisation des nomogrammes 45
26 Migration dans du sable grossier 46
27 Migration dans du sable limoneux 46
28 Migration dans un till argileux 47

LISTE DES TABLEAUX

1 Nomogrammes de conversion 5
2 Spécifications relatives aux wagons-citernes 11
3 Spécifications relatives aux wagons-citernes – classe 111A60W1 13
4 Caractéristiques des fûts 14
5 Compatibilité entre le produit et certains matériaux 18
6 Abréviations des noms de matériaux de fabrication 19
7 Deux catégories de conditions (météorologiques) de stabilité 25
8 Demi-largeurs maximales du panache dangereux (à 20 °C) 31

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.	Dose létale minimale
DL 50	Dose létale moyenne
et coll.	et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
IDLH	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
l	litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
MAK	Teneur maximale admissible (norme établie par la RFA)
MAK-K	Teneur maximale admissible (norme établie par la RDA)
MAK-D	Teneur maximale admissible – courte durée (norme établie par la RDA)
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK	Teneur maximale d'immission (norme établie par la RDA)
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse molaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
Pa · s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._c$	Température critique
TE 50	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50	Teneur inhibitrice moyenne
TLm	Tolérance moyenne
TL min.	Teneur létale minimale
TL 50	Teneur létale moyenne
TLV®	*Threshold Limit Value*
TLV®C	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales

TT min.	Teneur toxique minimale	V évap.	Vitesse d'évaporation
u	Vitesse du vent	^{o}Bé	Degré Baumé
μ	Viscosité	^{o}C	Degré Celsius
vap	Vapeur	ϕ	Diamètre
vol.	Volume	x	Distance sous le vent
V	Vitesse d'écoulement	W	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction
V biod.	Vitesse de biodégradation		

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). – Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®-C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)

1 RÉSUMÉ

Éthylbenzène ($C_6H_5C_2H_5$)
L'éthylbenzène est un liquide incolore, dégageant une odeur douce, semblable à celle de l'essence.

Synonymes
Phényléthane; éthylbenzol; EB.

N^os^ d'identification
UN 1175; STCC 4909163; CAS 100-41-4; OHM-TADS 7216709.

Qualité et titre
Technique; minimum de 99 p. 100.

Dangers immédiats
Incendie. – L'éthylbenzène est un liquide inflammable. Il peut dégager des vapeurs qui forment avec l'air des mélanges explosifs à des teneurs variant entre 1,0 et 6,7 p. 100.
Effet sur l'homme. – L'éthylbenzène est modérément toxique lorsqu'il y a inhalation, ingestion ou contact.
Effet sur l'environnement. – L'éthylbenzène est dommageable à plusieurs espèces aquatiques, à des teneurs aussi faibles que 0,4 mg/l.

Données relatives aux propriétés physiques

État (à 15 °C; 1 atm)	:	liquide
Point d'ébullition	:	136,2 °C
Inflammabilité	:	inflammable
Point d'éclair	:	15 °C (en vase clos)
Tension de vapeur	:	1,3 kPa à 25 °C
Densité relative	:	0,867 à 20 °C (l'eau = 1)
Solubilité (dans l'eau)	:	0,015 g/100 ml à 20 °C
Comportement (dans l'eau)	:	flotte, sans produire de réaction
Comportement (dans l'air)	:	vapeurs plus lourdes que l'air, forment avec ce dernier des mélanges explosifs
Seuil olfactif (dans l'eau)	:	0,2 à 140 ppm
Seuil olfactif (dans l'air)	:	0,25 ppm

Dangers pour l'environnement
Une nappe d'éthylbenzène peut constituer un danger immédiat pour les oiseaux aquatiques et les animaux marins. Même lorsque la teneur en éthylbenzène est faible, ce produit est dommageable à la vie aquatique; cependant, on n'a pas démontré qu'il soit susceptible d'entraîner une bioconcentration.

Dangers pour l'homme
Teneur maximale admissible établie par l'ACGIH (TLV®): 100 ppm (435 mg/m^3).
Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH): 2 000 ppm (8 700 mg/m^3).
Effets dus à une exposition. – L'inhalation provoque une irritation des muqueuses, des étourdissements, des maux de tête et une dépression du système nerveux central; le contact avec le liquide irrite les yeux et la peau.

Dispositions immédiates à prendre

• En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Appeler les pompiers. Prévenir le fabricant. Éliminer les causes possibles d'inflammation, dont les véhicules automobiles et appareils divers. Arrêter l'écoulement et confiner la nappe de liquide, si cela ne présente aucun risque; Éviter tout contact avec le liquide et les vapeurs qu'il dégage. Se tenir face au vent, la nappe derrière soi. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau.

• En cas d'incendie

Ne pas tenter d'éteindre les flammes s'il n'est pas possible d'arrêter l'écoulement. Utiliser de la mousse, des produits chimiques secs ou du bioxyde de carbone si l'on décide d'éteindre les flammes. Refroidir avec de l'eau les récipients exposés aux flammes. Se tenir éloigné des extrémités des citernes à éthylbenzène.

Mesures d'intervention d'urgence

• Éthylbenzène répandu sur le sol

Construire des barrages pour confiner la nappe ou la diriger vers des surfaces imperméables. Enlever le produit au moyen de pompes ou d'appareils aspirateurs. Absorber ce qui reste à l'aide de sciure de bois, de sable ou de sorbants synthétiques; ramasser le tout à la pelle et le placer dans des récipients qui peuvent être fermés.

• Éthylbenzène déversé dans l'eau

Confiner la nappe au moyen de barrages, de déversoirs flottants ou d'obstacles naturels. Utiliser des appareils d'écrémage pour enlever le produit, puis appliquer des sorbants.

• Éthylbenzène sous forme de vapeurs

Utiliser un jet d'eau pour rabattre les vapeurs au sol et pour les disperser. Confiner l'eau de ruissellement afin de pouvoir l'épurer ou l'enlever plus tard.

Niveau de gravité du risque selon la NAS (étatsunienne)

(Catégorie)	(Niveau)
Incendie	3
Santé	
Irritation causée par des vapeurs	2
Irritation causée par le produit à l'état liquide ou solide	2
Intoxications	2
Pollution de l'eau	
Toxicité pour l'homme	1
Toxicité pour les espèces vivantes du milieu aquatique	3
Atteinte à l'esthétique de l'environnement	2
Réactivité	
Autres produits chimiques	1
Eau	0
Réaction spontanée	0

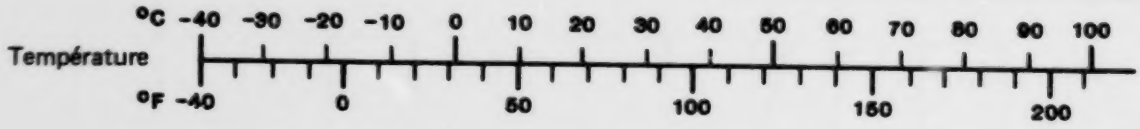
Évaluation du risque selon la NFPA (étatsunienne)

Champ inférieur vide : utiliser l'eau comme moyen d'extinction

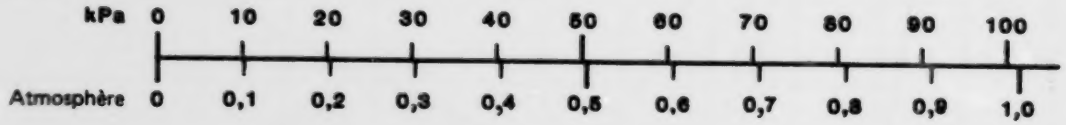
2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

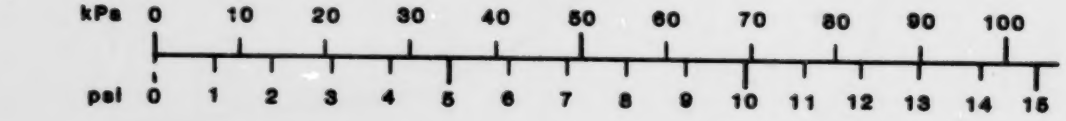
Propriétés physiques	
Aspect	Liquide incolore (CCD*, 1978)
État à l'expédition	Liquide habituellement (Sun Petroleum MSDS, 1981)
État physique (à 15 °C; 1 atm)	Liquide (Merck, 1976)
Point de fusion	– 94,97 °C (CRC, 1980)
Point de congélation	– 95 °C (DOW ERIS, 1980)
Point d'ébullition	136 à 137 °C (Sun Petroleum MSDS, 1981) 136,2 °C (CRC, 1980) 136 °C (CCPA, 1982)
Tension de vapeur	1,3 kPa (25 °C) (Perry, 1973) 2,6 kPa (38,6 °C) (AWQC, 1980)
Densité relative	
Du liquide (eau = 1)	0,8670 (20 °C/4 °C) (CRC, 1980) 0,865/25 °C/25 °C) (CCPA, 1982)
Des vapeurs (air = 1)	3,66 (Verschueren, 1977)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Liquide inflammable; la vapeur forme un mélange explosif avec l'air (NFPA, 1978).
Point d'éclair (coupeile fermée) (coupelle ouverte)	15 °C (NFPA, 1978); 21 °C (CCPA, 1982) 27 °C (CHRIS, 1978)
Température d'inflammation spontanée	432 °C (NFPA, 1978)
Vitesse de combustion	5,8 mm/mn (CHRIS, 1978)
Limite supérieure d'inflammabilité	6,7 p. 100 (vol./vol.) (NFPA, 1978)
Limite inférieure d'inflammabilité	1,0 p. 100 (vol./vol.) (NFPA, 1978)
Limite supérieure d'explosibilité	6,7 p. 100 (vol./vol.) (Sun Petroleum MSDS, 1981)
Limite inférieure d'explosibilité	1,0 p. 100 (vol./vol.) (Sun Petroleum MSDS, 1981)
Vitesse spatiale de la flamme	0,35 m/s (maximale en présence d'air) (Lange's Handbook, 1979)
Chaleur de combustion	4 564,9 kJ/mol (Sussex, 1977)
Risque de retour de flamme	La flamme peut parcourir une bonne distance de la source d'inflammation jusqu'au liquide (NFPA, 1978).
Risque d'inflammation électrique	Peut s'enflammer sous l'action d'une charge d'électricité statique.
Autres propriétés	
Masse molaire de la substance pure	106,17 (CRC, 1980)
Composition caractéristique de la qualité commerciale	99,7 p. 100 d'éthylbenzène, 0,1 p. 100 de m- et p-xylène, 0,1 p. 100 de cumène et 0,1 p. 100 de toluène (Sun Petroleum MSDS, 1981)
Indice de réfraction	1,4959 (20 °C) (CRC, 1980)
Viscosité	0,678 mPa · s (20 °C) (Lange's Handbook, 1979) 0,691 mPa · s (17 °C) (CRC, 1980)
Tension superficielle avec l'air	0,029 N/m (20 °C) (CRC, 1980)
Tension interfaciale avec l'eau	0,035 N/m (20 °C) (CHRIS, 1978)

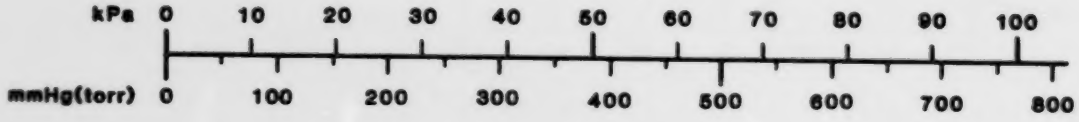
Chaleur latente de fusion	9,15 kJ/mol (Perry, 1973)
Chaleur latente de sublimation	42,2 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)
Chaleur latente de vaporisation	42,3 kJ/mol (25 °C) (Sussex, 1977)
Chaleur de formation	Liquide: – 13,1 kJ/mol (Sussex, 1977) Gaz; 29,2 kJ/mol (Sussex, 1977)
Potentiel d'ionisation	8,76 eV (Rosenstock, 1977)
Capacité calorifique à:	
pression constante	Liquide: 1,75 J/g · °C (25 °C) (CRC, 1980) Gaz: 1,21 J/g · °C (25 °C) (CRC, 1980)
volume constant	Gaz: 1,13 J/g · °C (25 °C) (CRC, 1980; CHRIS, 1978)
Température critique	343,9 °C (CRC, 1980)
Pression critique	3 740 kPa (CRC, 1980)
Coefficient de dilatation volumique	0,0009/°C (Lange's Handbook, 1979)
Conductivité thermique	1,32 mJ/ · cm/s · cm^2 · °C (25 °C) (CRC, 1980)
Coefficient de diffusion	Gaz: 0,0658 cm^2/s (dans l'air à 0 °C) (Perry, 1973) 0,077 cm^2/s (dans l'air à 25 °C) (Thibodeaux, 1979)
Charge saturante	40 g/m^3 (20 °C) (Verschueren, 1977) 67 g/m^3 (30 °C) (Verschueren, 1977)
Taux d'évaporation	0,27 g/m^2 · s (20 °C) et un vent de 16,1 km/h (voir 5.3.2.1)
Log_{10} du coefficient de partage octanol/eau	3,15 (Chiou et Schmedding, 1982)
Solubilité (g/100 ml)	
Dans l'eau	0,015 (20 °C) (GE, 1978) 0,014 (25 °C) (CCPA, 1982)
Dans d'autres substances communes	Miscible à l'éthanol et à l'éther éthylique (CRC, 1980); soluble dans le benzène et le tétrachlorure de carbone (CCD, 1978).



Pression 1 kPa = 1 000 Pa







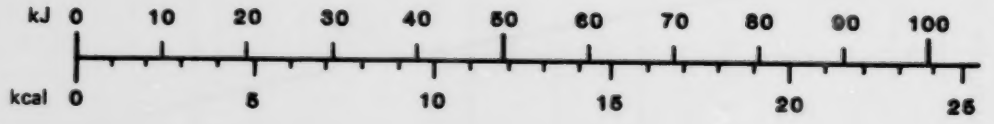
Viscosité

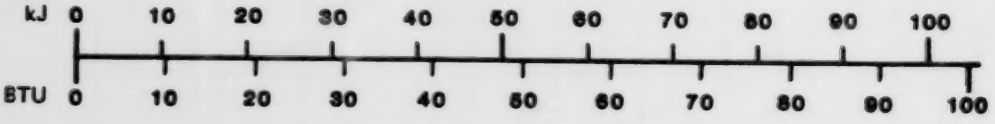
Dynamique 1 Pa·s = 1 000 centipoises (cPo)

Cinématique 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) 1 kJ = 1 000 J





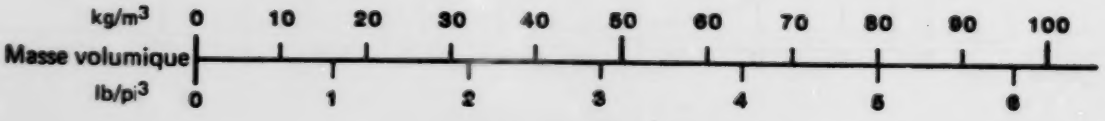


Figure 1

ÉTHYLBENZÈNE — **VISCOSITÉ DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: Chem. Eng., 1975

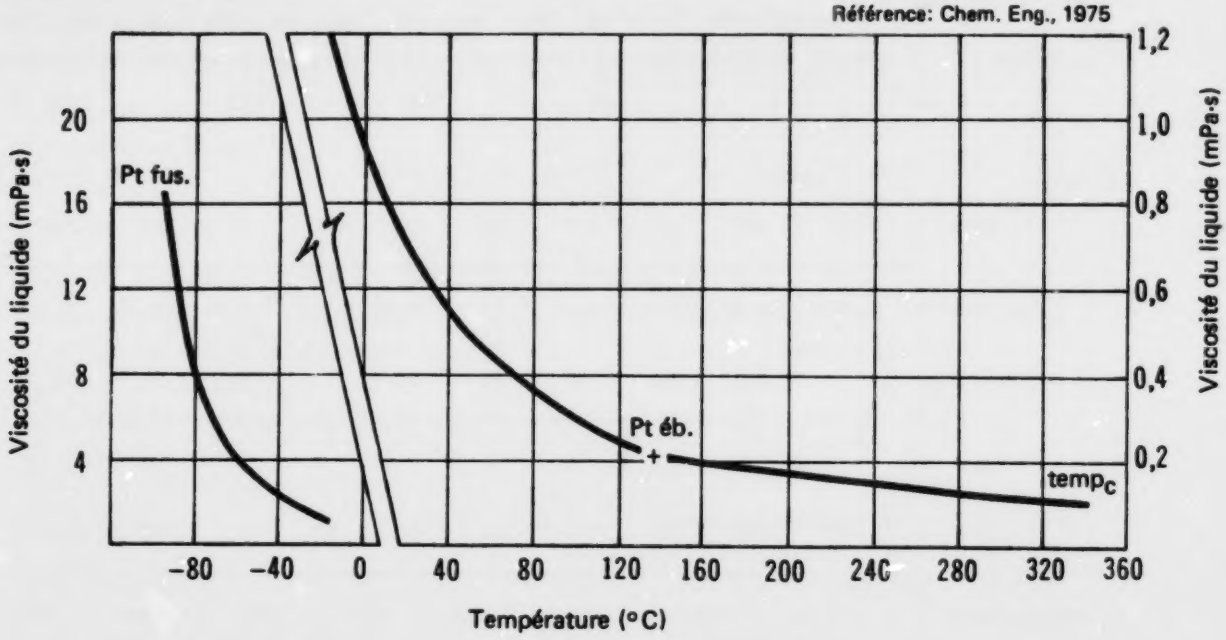


Figure 2

ÉTHYLBENZÈNE — **MASSE VOLUMIQUE DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: Chem. Eng., 1975

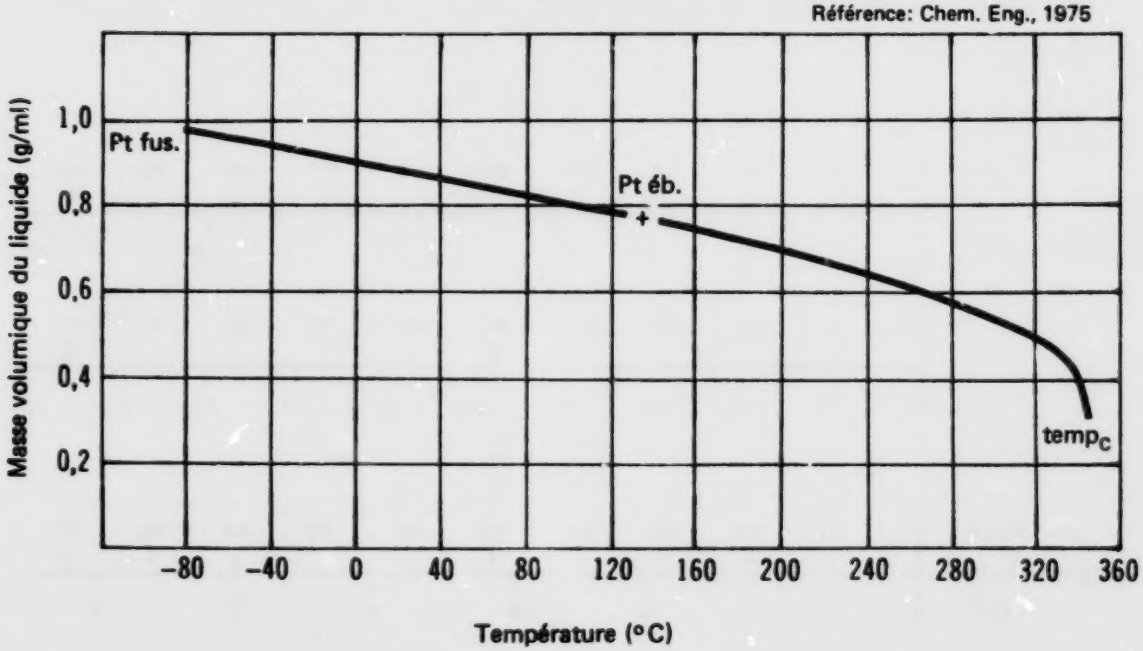


Figure 3

ÉTHYLBENZÈNE

TENSION SUPERFICIELLE LIQUIDE/AIR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

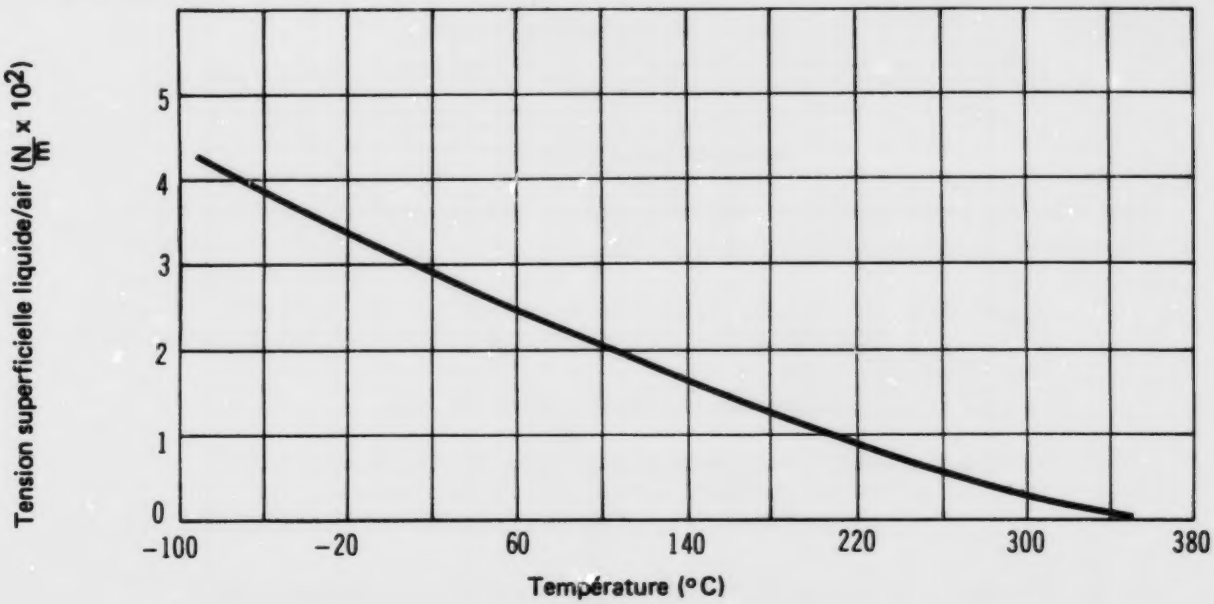


Figure 4

ÉTHYLBENZÈNE

DIAGRAMME DE PHASE

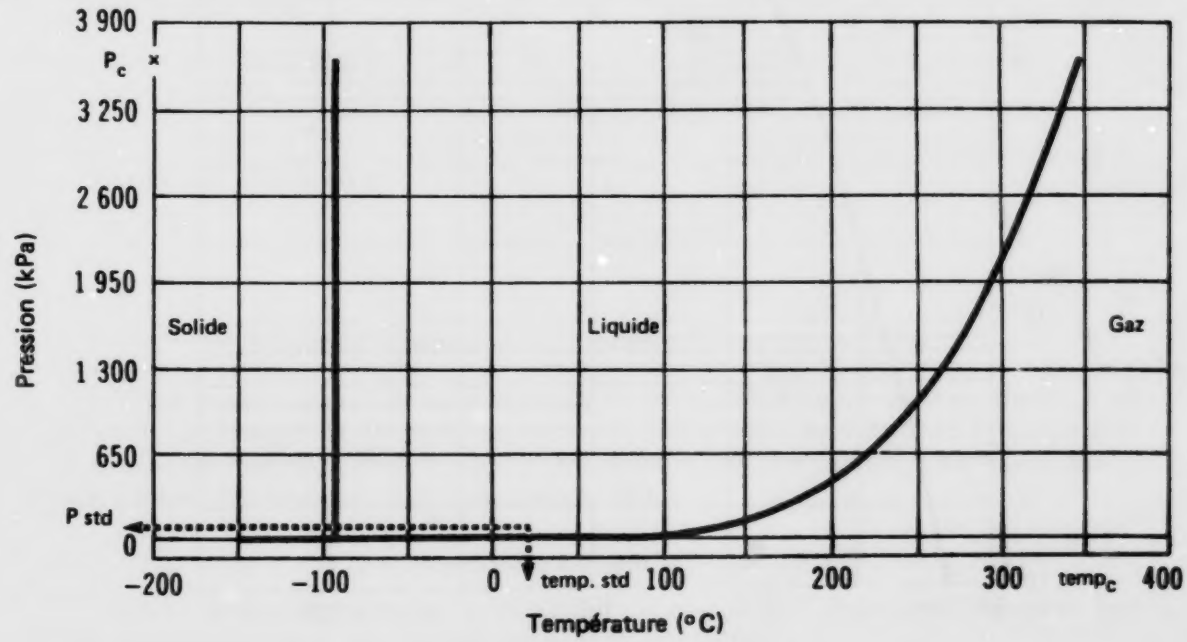
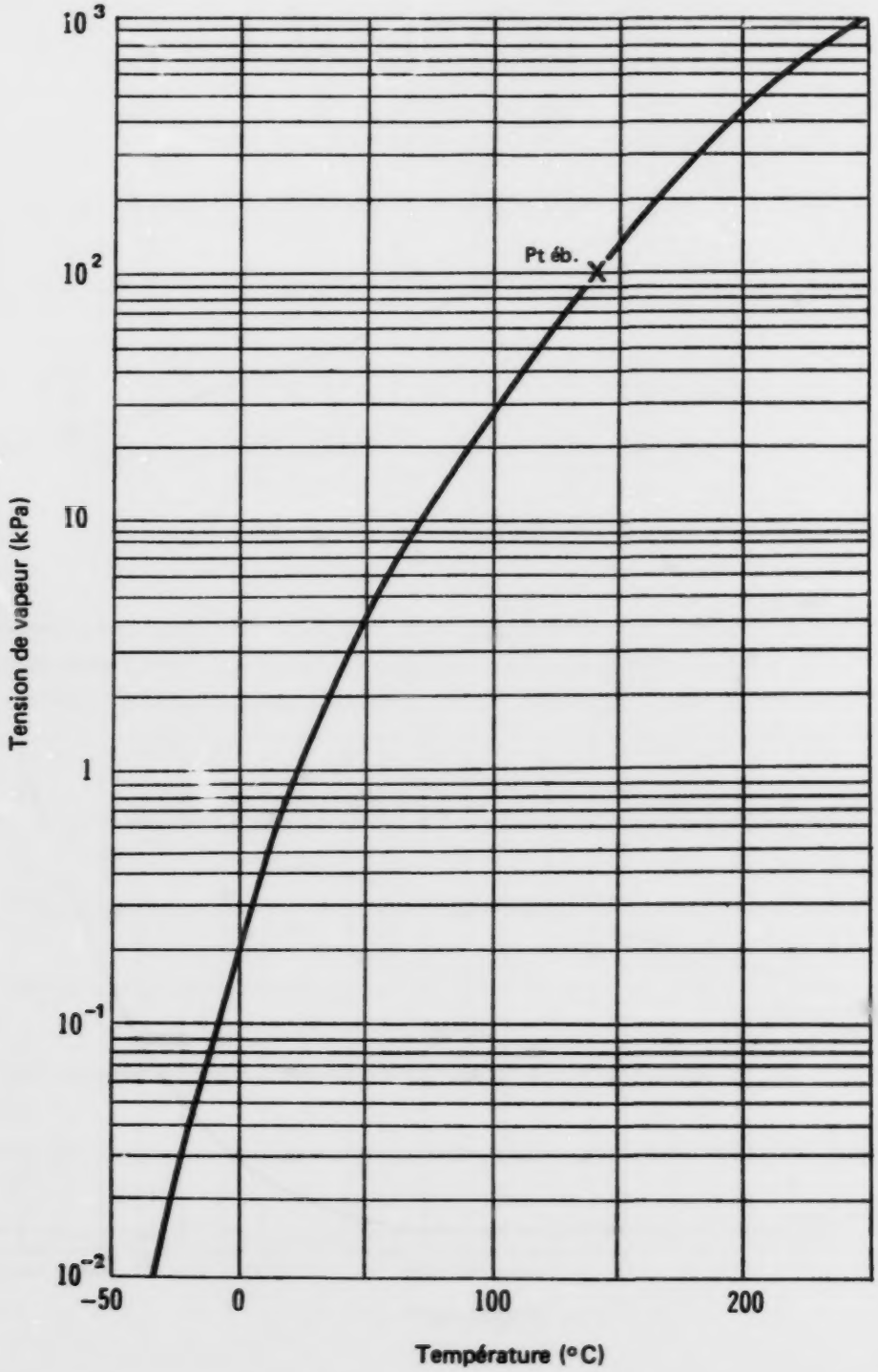


Figure 5

ÉTHYLBENZÈNE — **TENSION DE VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: Chem. Eng., 1975



3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualité et titre du produit

L'éthylbenzène produit au Canada est de qualité technique (99,0 p. 100) (DOW PS, 1980).

3.2 Fabricants situés au Canada

Voici les adresses des sièges sociaux des deux fabricants. Le lecteur notera qu'elles ne sont pas fournies ici dans le but qu'on s'en serve comme premiers recours en cas de déversement (Corpus, 1981; CBG, 1980).

Dow Chemical of Canada Inc., Box 1012, Modeland Road, Sarnia (Ontario), N7T 7K7, (519) 339-3131.
Polysar Limited, 201 Front Street North, Sarnia (Ontario), N7T 7V1, (519) 332-1212.

3.3 Itinéraires utilisés pour le transport

Tout l'éthylbenzène produit au Canada provient de la région de Sarnia. Sa principale utilisation, la fabrication du styrène, ne requiert aucun déplacement hors de Sarnia, de sorte que le transport par wagon ne se fait que sur de courtes distances entre les usines.

3.4 Volume de production (Corpus, 1981) (PC; Finachem PDS, 1981)

Société, emplacement de l'usine		Capacité nominale kilotonnes/an (1981)
Dow Chemical of Canada, Sarnia (Ontario)		91
Polysar, Sarnia (Ontario)*		444
	Total	535
Expéditions intérieures (1980)		338,0
Importations (1980)		0,5
	Total	338,5

* Surtout pour utilisation captive

3.5 Développement de l'industrie (Finachem PDS, 1981)

On se propose de construire deux usines de production d'éthylbenzène en Alberta. Nova et Shell Canada prévoient construire une usine produisant 345 kt/an à Scotford. Petalta projette d'en construire une à Bruderheim (460 kt/an). Si les projets sont approuvés, ces usines, situées près d'Edmonton, commenceront à produire en 1984.

3.6 Fabrication industrielle (Noller, 1958)

3.6.1 Information générale. – Au Canada, on produit de l'éthylbenzène à partir de benzène et d'éthylène par le procédé d'alkylation de Friedel-Crafts.

3.6.2 Procédé de fabrication. – On fait passer un excès de vapeur de benzène mélangé avec de l'éthylène dans un complexe catalyseur de chlorure d'aluminium liquide – chlorure d'hydrogène-hydrocarbure.

$$C_6H_6 + C_2H_4 \xrightarrow{AlCl_3\text{-}HCl} C_6H_5C_2H_5$$

benzène éthylène 95 °C, 35 kPa éthylbenzène

Le produit est purifié par distillation: le benzène n'ayant pas réagi et celui qui a été trop alkylé sont recyclés pour améliorer le rendement. On peut ainsi réduire les pertes à moins de 5 p. 100 de l'éthylène ou du benzène utilisés.

3.7 **Principales utilisations au Canada** (Corpus, 1981; Dow PS, 1980)

On utilise l'éthylbenzène pour produire du styrène et comme solvant dans l'industrie des produits chimiques, des peintures et des caoutchouc.

3.8 **Principal acheteur au Canada** (Corpus, 1981)

Dow Chemical of Canada, Sarnia (Ontario).

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

4.1.1 Transport en vrac. – Le transport en vrac se fait au moyen de wagons-citernes, de véhicules-citernes routiers ou de conteneurs citernes.

4.1.1.1 Wagons-citernes. – Les wagons-citernes servant au transport de l'éthylbenzène figurent dans la catégorie A-8 de la spécification 111A de la CCT. Chaque spécification est décrite au tableau 2 (GATC, 1979).

Tableau 2
Spécifications relatives aux wagons-citernes

Spécification du DOT* et numéro de la CCT**	Description
111A60W1	Réservoir en acier soudé par fusion, sans dôme. Isolé ou non. Creux minimal: 2 p. 100. Jauge. Pression d'épreuve, 414 kPa (60 psi).
111A60F1	Réservoir d'acier soudé par forgeage, sans dôme. Isolé ou non. Creux minimal: 2 p. 100. Jauge. Pression d'épreuve, 414 kPa (60 psi).
111A100W1	Réservoir d'acier soudé par fusion, sans dôme. Isolé ou non. Creux minimal: 2 p. 100. Jauge. Ouverture de déchargement ou de lavage: optionnelle. Pression d'épreuve, 690 kPa (100 psi).

* Department of Transportation (U.S.A.).
** Commission canadienne des transports.

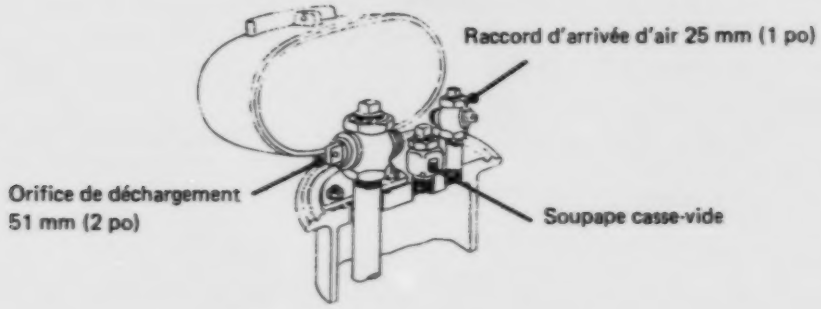
On transporte habituellement l'éthylbenzène dans des wagons-citernes dont le volume libre varie de 30 400 l (6 700 gal imp.) à 37 700 l (8 300 gal imp.), 60 400 l (13 300 gal imp.) et 75 700 l (16 600 gal imp.). La figure 6 représente un wagon-citerne de 75 700 l utilisé pour transporter l'éthylbenzène; ses caractéristiques sont indiquées au tableau 3 (GATC, 1979). Ces wagons peuvent être déchargés au moyen d'une pompe ou par gravité, par un ou deux orifices de déchargement de 150 mm de diamètre munis de robinets à boisseau conique. On peut aussi décharger ces wagons par le haut au moyen d'une pompe. Dans ce cas, l'éthylbenzène est pompé par un tuyau dont l'extrémité touche le fond du réservoir et se termine à la plate-forme supérieure du wagon par un raccord de déchargement. On ne décharge jamais une citerne d'éthylbenzène sous pression d'air.

Une soupape de sécurité réglée à 241 kPa doit se trouver sur le dessus du wagon. Une jauge à tige ou à ruban est optionnelle. L'organe de déchargement situé sur le dessus de la citerne doit être protégé par un manchon de protection. La pression maximale admissible est de 448 kPa

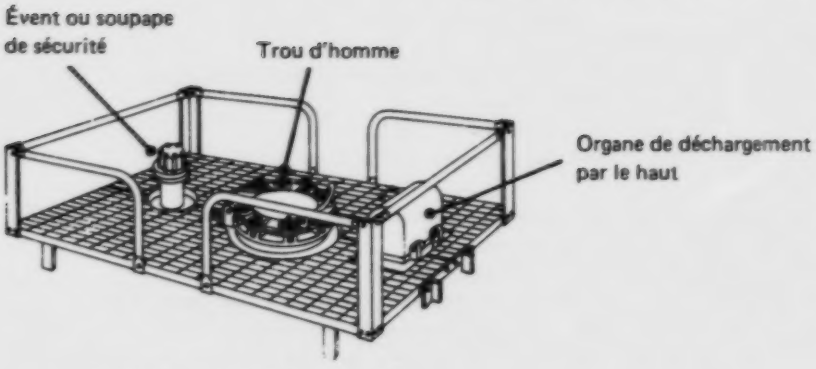
Figure 6

ÉTHYLBENZÈNE **WAGON-CITERNE – CLASSE 111A60W1**

(Référence TCM 1979, RTDCR 1974)



Détail des organes de déchargement par le haut



Détail de la plate-forme de dôme

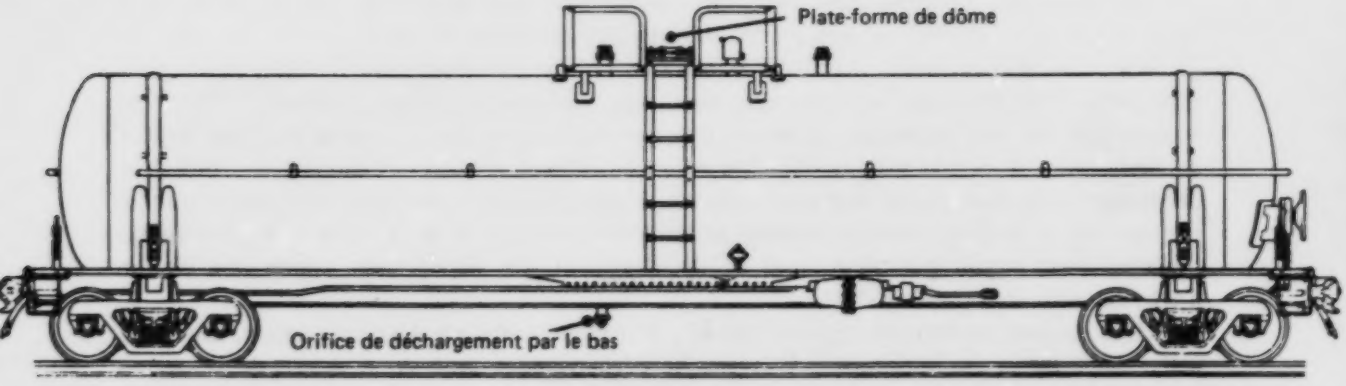


Illustration du wagon-citerne

Tableau 3
Spécifications relatives aux wagons-citernes – classe 111A60W1
(TCM 1979, RTDCR 1974)

Description	Capacité nominale du wagon-citerne (gal imp.)		
	16 700	17 200	20 000
Structure			
Capacité nominale	75 700 l (16 700 gal)	78 000 l (17 200 gal)	90 900 l (20 000 gal)
Tare	33 900 kg (74 700 lb)	33 900 kg (74 700 lb)	38 900 kg (85 800 lb)
Masse brute	119 000 kg (263 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Citerne			
Matériau	Acier	Acier	Acier
Épaisseur	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)
Diamètre int.	2,60 m (102 po)	2,62 m (103 po)	2,74 (108 po)
Pression d'essai	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)
Pression d'éclatement	1 640 kPa (240 psi)	1 640 kPa (240 psi)	1 640 kPa (240 psi)
Dimensions approximatives			
Longueur avec organes d'attelage	17 m (57 pi)	17 m (57 pi)	18 m (60 pi)
Longueur avec pylônes de choc	16 m (53 pi)	16 m (53 pi)	17 m (57 pi)
Longueur entre pivots de bogie	13 m (42 pi)	13 m (42 pi)	14 m (45 pi)
Hauteur au sommet du caillebotis	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout (avec poignées)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)
Longueur du caillebotis	2-3 m (8-10 pi)	2-3 m (8-10 pi)	2-3 m (8-10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5-2 m (5-6 pi)	1,5-2 m (5-6 pi)	1,5-2 m (5-6 pi)
Déchargement par le haut			
Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)
Trou de remplissage ou de visite	203-356 mm (8-14 po)	203-356 mm (8-14 po)	203-356 mm (8-14 po)
Raccord d'arrivée d'air	25- 51 mm (1-2 po)	25- 51 mm (1-2 po)	25- 51 mm (1-2 po)
Déchargement par le bas			
Orifice de déchargement par le bas	102-152 mm (4-6 po)	102-152 mm (4-6 po)	102-152 mm (4-6 po)
Dispositifs de sécurité	Évent ou soupape de sécurité		
Dôme	Aucun		
Isolation	Optionnel		

dans le cas des wagons CCT 111A100W1 et de 276 kPa dans le cas des wagons CCT 111A60W1 ou 111A60F1, qui doivent être munis de serpentins de réchauffage ou être isolés à l'extérieur. On ne transporte jamais l'éthylbenzène sous pression.

4.1.1.2 **Véhicules-citernes routiers et conteneurs-citernes.** – L'éthylbenzène produit au Canada n'a qu'une utilisation captive: il sert à la fabrication du styrène. Il n'est jamais transporté à l'extérieur des limites de l'usine dans des camions-citernes ou des conteneurs-citernes. Le seul moyen de transport auquel on a recours, au Canada, est le chemin de fer.

4.1.2 Transport en fûts. – Le benzène est transporté non seulement en vrac mais en fûts. Des fûts fabriqués en divers matériaux peuvent être utilisés (TDGC, 1980). Ces fûts sont décrits au tableau 4.

Tableau 4
Caractéristiques des fûts

Type de fût	Code de type	Description	Illustré à la figure
Acier	1A1	Dessus non amovible, réutilisable	7
	1A1A	1A1 avec rebords renforcés	7
	1A1B	1A1 avec brides de fermeture soudées	7
	1A1D	1A1 avec revêtement (autre que le plomb)	non illustré
	1A2	Dessus amovible, réutilisable	7
	1A3	Dessus non amovible, non réutilisable	7
Monel* (alliage cuivre nickel)	TC5M	Dessus non amovible	7
Aluminium	1B1	Dessus non amovible	7
	1B2	Dessus amovible	7
Fûts en acier avec doublure en plastique	6HA1	Tôle extérieure en acier en forme de fût Doublure en plastique Capacité maximale de 225 l	non illustré
Fûts en carton avec doublure en plastique	6HG1	Extérieur en carton, de fabrication convolute (plusieurs épaisseurs enroulées concentriquement). Doublure en plastique en forme de fût. Capacité maximale de 225 l.	non illustré

4.2 Déchargement

4.2.1 Matériel et procédés de déchargement des wagons-citernes. – Avant de procéder au déchargement, il importe de prendre les précautions suivantes (MCA, 1960):

- vérifier que le réservoir de stockage à évent peut recevoir le contenu du wagon-citerne;
- si le déchargement se fait la nuit, les dispositifs d'éclairage doivent être antidéflagrants;
- les employés ne doivent en aucun cas pénétrer dans le wagon-citerne;
- les freins doivent être serrés et les roues, calées; les dérailleurs doivent être en place et les avertissements, affichés;
- un quai de service offrant toutes les conditions de sécurité doit exister au point de déchargement;
- les outils utilisés au cours du déchargement ne doivent pas produire d'étincelles;

– le wagon-citerne doit être pourvu d'une mise à la terre.

Deux modes de déchargement sont utilisés pour l'éthylbenzène, soit le déchargement par le haut et le déchargement par le bas.

Pour le déchargement par le haut, suivre les étapes suivantes (MCA, 1960):

– réduire la tension de vapeur en refroidissant le wagon-citerne par ventilation ou aspersion d'eau, à intervalles rapprochés;
– après avoir retiré le manchon de protection de l'organe de déchargement situé sur le dessus du wagon, raccorder la tubulure de déchargement de 51 mm (2 po);
– décharger la citerne au moyen d'une pompe.

Pour le déchargement par le bas, suivre les étapes suivantes en utilisant une pompe, ou effectuer le déchargement par gravité.

– réduire la tension interne en procédant de la façon indiquée ci-dessus;
– après avoir raccordé la tubulure de déchargement à un orifice situé sur la paroi inférieure de la citerne, ouvrir le robinet intérieur du bas en tournant la tige de commande située sur le dessus ou au bas du wagon-citerne;
– décharger le wagon par gravité ou au moyen d'une pompe.

4.2.2 Matériaux de fabrication des organes de déchargement et spécifications. – Les matériaux de fabrication des divers composants des organes de déchargement de même que les spécifications relatives à ces organes sont ceux qui sont généralement utilisés pour le transport de l'éthylbenzène. Les composants d'un engin de déchargement typique comprennent les conduites et les raccords, les tuyaux souples, les soupapes, les garnitures et les pompes.

Des conduites et des raccords sans soudure en acier au carbone n° 40 ASTM A106 doublés de caoutchouc fluoré sont recommandés. Une conduite sans soudure et à résistance électrique de type ASTM peut également convenir (CCPA, 1982). Il faudra utiliser des joints à brides soudées de préférence aux conduites et aux raccords filetés qui ont tendance à fuir après un service de courte durée. La réduction de la contrainte au point de soudure permettra une plus longue durée de service. Les canalisations doivent faire l'objet d'un essai à l'air comprimé à des pressions allant de 345 à 518 kPa (50 à 75 psi) et toutes les fuites seront soigneusement colmatées. Si une fuite se produit en cours d'utilisation, la seule réparation acceptable consiste à briser au burin la soudure défectueuse et à ressouder; on peut évidemment remplacer la section brisée de la conduite.

La conduite de déchargement doit avoir un diamètre de 51 mm (2 po), soit le diamètre standard des raccords des wagons-citernes utilisés pour le transport de l'éthylbenzène, mais elle peut être raccordée à une conduite d'à peu près n'importe quel diamètre (l'idéal étant que ce dernier ne dépasse pas 25 mm). Les conduites extérieures doivent être auto-vidangeables.

On peut utiliser des conduites en acier flexibles ou des conduites en acier rigides munis de joints à rotule pour constituer les sections flexibles de la conduite de déchargement. Les joints à rotule de type roulement à billes ou de type «presse-étoupe» fonctionneront bien s'ils sont convenablement entretenus. Certains dispositifs flexibles sont faits de raccords standards présentant un certain nombre de coudes filetés; ils procurent une flexibilité suffisante mais ils coûtent plus cher à entretenir car les raccords filetés fuient facilement. Des joints de dilatation flexibles de type à soufflet en résine de tétrafluoroéthylène peuvent être employés pour les sections flexibles (Dow PPS, 1972).

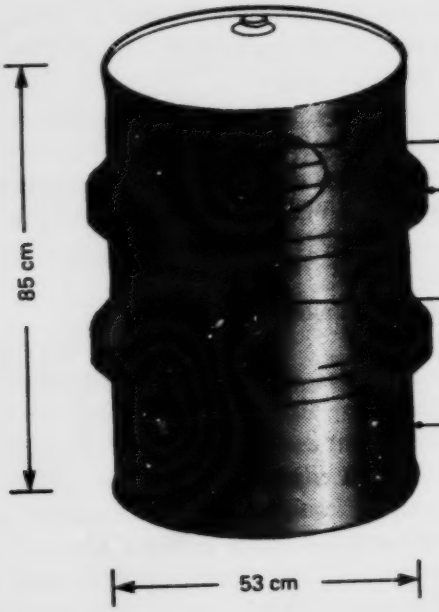
On recommande des robinets à diaphragme en fonte garni de verre (NACE, 1967).

Seuls les joints en viton devraient être utilisés dans les plages normales de température.

Figure 7

ÉTHYLBENZÈNE — **FÛTS TYPIQUES**

Fût en monel



Étiquette d'identification

Joncs de roulage faits de caoutchouc naturel solide et flexible

Diamètre maximal de l'orifice 59 mm

Corps et dessus fabriqués en monel de 10 mm d'épaisseur

Capacité maximale 220 l

Fût en acier

Doublure intérieure en plomb minimum de 2,4 mm selon les normes de 1AIC

Étiquette d'identification

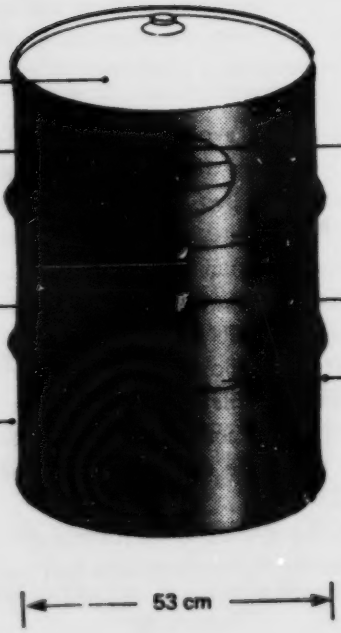
Diamètre maximal de l'orifice 70 mm

Corps et dessus fabriqués en acier laminé

Capacité maximale 250 l

Masse nette maximale 400 kg

Fût en aluminium



Étiquette d'identification

Diamètre maximal de l'orifice 70 mm

Corps et dessus fabriqués en aluminium pur à 99 % au moins

Capacité maximale 250 l

Masse nette maximale 400 kg

Une pompe aspirante centrifuge à entraînement magnétique, sans joint, dont l'extrémité d'admission est en acier inoxydable 316, donne de bons résultats. Ce type de pompe fuit rarement.

Il faut prévoir un dispositif de vidange de façon à pouvoir effectuer les réparations sans danger.

La pompe doit être munie de brides à la fois du côté aspiration et du côté décharge; il est préférable d'éviter les raccordements filetés qui sont plus sujets aux fuites.

4.3 Compatibilité entre l'éthylbenzène et différents matériaux

La compatibilité de l'éthylbenzène avec les matériaux utilisés est indiquée au tableau 5.

Voici une brève définition des termes utilisés dans le présent guide pour évaluer les matériaux:

Recommandé: donne satisfaction dans l'utilisation présente;

Réserves: se détériore dans l'utilisation présente; approprié dans le cas d'une utilisation intermittente ou de courte durée;

Déconseillé: se détériore rapidement dans l'utilisation présente; ne devrait jamais être utilisé.

Tableau 5
Compatibilité entre le produit et certains matériaux

	Produit chimique		Matériau		
Application	Titre	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords				Acier au carbone ASTM A106	
2. Robinetterie				Corps en fonte; pièces mouillées: acier inoxydable 316, nickel, acier au carbone	
3. Pompes				Acier inoxydable 316	
4. Réservoirs				ASTM A-283 Gr. Plaque d'acier au carbone	
5. Autres			Polyoxyméthylène Viton (GF)	Hypalon* (GF)	PVC non plastifié Polyéthylène Polypropylène Caoutchouc naturel Caoutchouc nitrile-butadiène Butylcaoutchouc Terpolymère d'éthylène-

Application	Produit chimique		Matériau		
	Titre	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
					propylène-diène Polychloroprène (GF) Hypalon (Uniroyal)
	100 %	24 à 100	Verre (NACE, 1967)		
	100 %	24	Béton Bois (NACE, 1967)		

* Ce produit a reçu une cote inférieure, pour une application similaire, dans un autre ouvrage de référence.

Tableau 6
Abréviations des noms de matériaux de fabrication

Abréviation	Matériau de construction
CSM	Polyéthylène chlorosulfoné
EPDM	Terpolymère d'éthylène-propylène-diène
IIR	Butylcaoutchouc
NBR	Caoutchouc nitrile-butadiène
POM	Polyoxyméthylène

5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

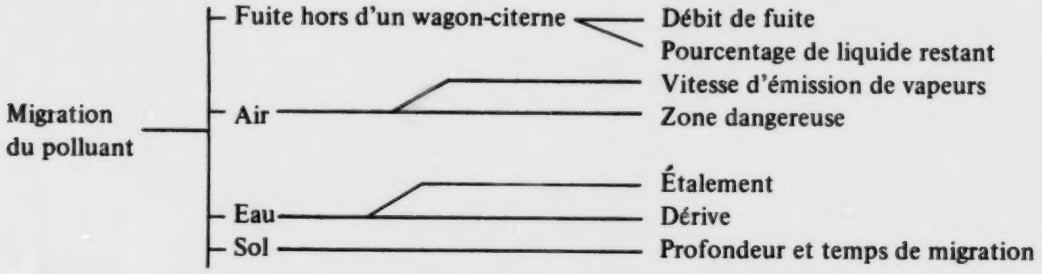
5.1 Aperçu général

L'éthylbenzène est un liquide incolore et volatil, habituellement transporté par wagon-citerne. Déversé en milieu naturel, il forme une nappe liquide qui s'étale à la surface de l'eau ou du sol; il pénètre dans le sol par adsorption. L'évaporation entraîne une émission continue de vapeurs dans l'atmosphère.

Sur l'eau, la nappe a tendance à s'étaler. Comme le produit est très peu soluble dans l'eau et de densité moindre que l'eau, seule une très petite quantité se dissout, le reste s'évaporant dans l'atmosphère jusqu'à ce que la nappe soit enlevée.

L'éthylbenzène répandu sur le sol pénètre peu à peu ce dernier, à une vitesse qui varie selon le type de sol et selon le degré de saturation en eau du sol. La migration du liquide jusqu'à la nappe phréatique peut entraîner des pollutions.

Voici les facteurs à prendre en considération lorsque de l'éthylbenzène migre dans l'air, l'eau ou le sol.



5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. – Le produit est ordinairement transporté par wagon-citerne, à la pression atmosphérique. Les modèles de wagons-citernes varient beaucoup, de sorte que nous avons dû en choisir un en particulier pour établir les nomogrammes de fuite. Le modèle choisi a un diamètre de 2,75 m, une longueur de 13,4 m et il peut contenir environ 80 000 l. S'il y a rupture de la paroi dans le bas de la citerne remplie, tout le liquide s'écoulera sous l'action de la pesanteur. Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide, à mesure que le temps s'écoulera. Comme les citernes ne sont pas sous pression et comme le produit est peu volatil, aucun nomogramme n'a été élaboré sur la fuite éventuelle de vapeurs par un orifice qui serait situé sur le dessus de la citerne.

Dans le cas d'un orifice situé dans le bas d'une citerne, le débit de sortie, en l'occurrence le débit de fuite, se calcule par la méthode dite des orifices, qui consiste en une formule corrigée du théorème de Torricelli. Le débit de fuite (q), qui est un débit-volume (q_v), est fonction de la surface de la section (s) et de la forme de l'orifice, de la hauteur (h) de liquide au-dessus de l'orifice et du coefficient de débit (C_q) (Streeter, 1971).

Comme la force de pesanteur est souvent supérieure aux forces qui s'y opposent, dont la viscosité, le coefficient de débit est relativement indépendant de la température et de la viscosité du liquide. Dans le cas présent, le coefficient de débit est vraisemblablement constant pour un large éventail de températures et de viscosités. Pour préparer les nomogrammes, on a supposé un coefficient de débit de 0,8.

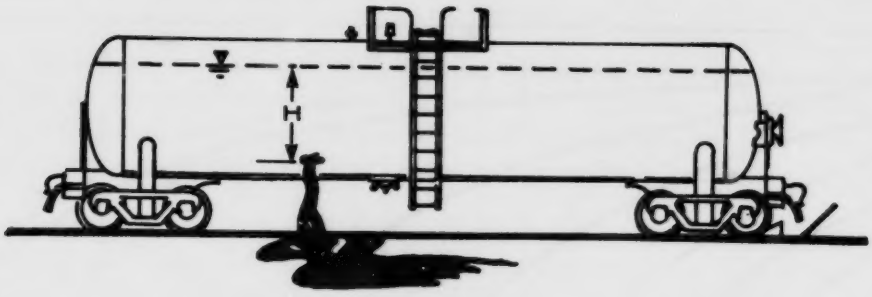


Figure 8 **WAGON-CITERNE PERFORÉ DANS LE BAS**

5.2.2 Nomogrammes

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps. – La figure 9 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment du bris et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Ces diamètres sont des diamètres équivalents et valent pour des orifices de toutes formes.

On suppose que le wagon-citerne type a 2,75 mètres de diamètre et 13,4 mètres de longueur, qu'il contient 80 000 litres de liquide et qu'il est plein au moment du bris. Le volume de liquide restant, après un temps d'écoulement donné (t), n'est pas seulement fonction du débit de fuite, mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement. – La figure 10 permet d'évaluer à tout instant le débit de fuite après un temps d'écoulement donné (t), en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne dont le contenu initial est de 80 000 litres.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Il y a eu bris d'un wagon-citerne type (diamètre de 2,75 m et longueur de 13,4 m) rempli. L'orifice est situé dans le bas de la citerne. Son diamètre équivalent est de 150 mm. Quel pourcentage du volume initial de 80 000 l représente le volume de liquide restant après 10 minutes? Solution (voir figure 9): si t = 10 mn et D = 150 mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (soit 28 800 l) du volume initial.

PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit instantané après 10 minutes d'écoulement? Solution (voir figure 10); si t = 10 mn et D = 150 mm, le débit instantané (q) = 65 l/s.

Figure 9

ÉTHYLBENZÈNE — POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT/TEMPS D'ÉCOULEMENT

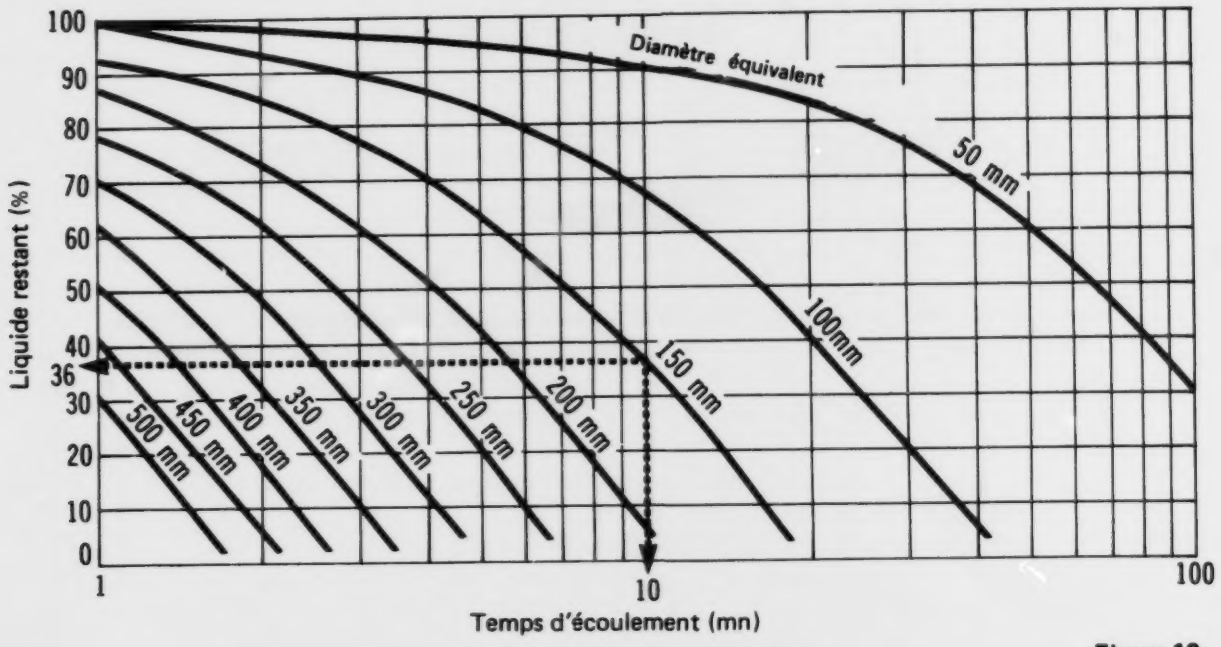
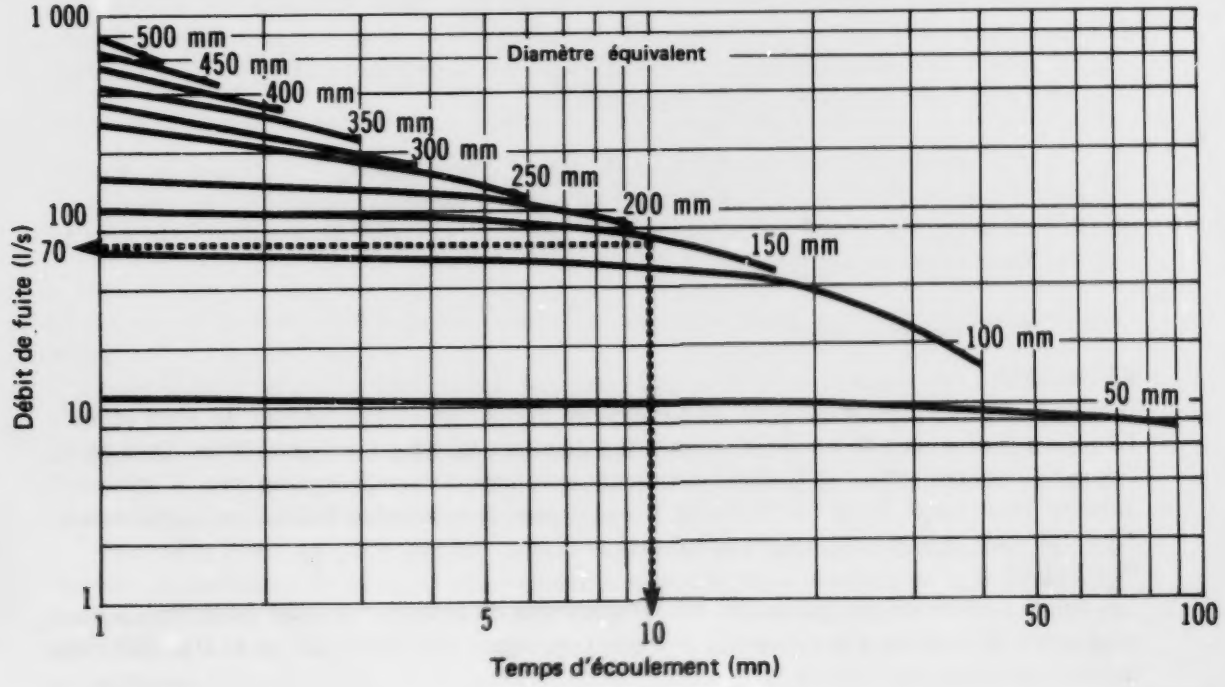


Figure 10

ÉTHYLBENZÈNE — DÉBIT DE FUITE/TEMPS D'ÉCOULEMENT



5.3 Diffusion dans l'atmosphère

5.3.1 Introduction. – Comme l'éthylbenzène est un liquide relativement peu volatil, un dégagement de vapeurs dans l'atmosphère à partir d'un orifice dans la paroi d'une citerne ne présente aucun danger notable du côté sous le vent. Dans les paragraphes qui suivent, il ne sera question que des vapeurs se dégageant d'une nappe de liquide étalée à la surface de l'eau ou du sol.

Pour évaluer les teneurs en vapeurs du côté sous le vent par rapport au lieu de l'accident et déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité ou de l'inflammabilité, il faut modéliser le transport et la diffusion (turbulente) dans l'atmosphère des vapeurs. Les modèles utilisés supposent une répartition gaussienne des teneurs au sein du panache; ce sont les plus répandus pour la prévision des teneurs en polluants. (Le lecteur trouvera de plus amples renseignements à ce sujet dans le Manuel d'introduction Enviroguide.)

La figure 11 schématise la diffusion d'un panache polluant émis en continu par une aire source. Le modèle de diffusion considère l'aire source, soit la nappe de liquide, comme un point source virtuel situé du côté au vent à une distance de dix fois le rayon équivalent de la nappe. Le modèle suppose que le point source a le même débit (q) d'émission de vapeurs que l'aire source.

5.3.2 Nomogrammes de diffusion du panache de vapeurs. – Les nomogrammes de diffusion atmosphérique du panache servent à déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité et de l'inflammabilité. Les nomogrammes, figures et tableaux présentés ci-dessous apparaissent dans l'ordre dans lequel ils doivent être utilisés, comme le lecteur pourra s'en rendre compte dans les pages qui suivent.

Figure 13 Débit d'émission des vapeurs se dégageant d'une nappe liquide, calculé en fonction du rayon maximal de la nappe et pour diverses températures

Tableau 7 Conditions météorologiques (catégories de stabilité)

Figure 14 Teneur uniformisée en vapeurs, calculée en fonction d'une distance donnée sous le vent et pour différentes catégories de conditions météorologiques

Tableau 8 Demi-largeurs maximales du panache dangereux

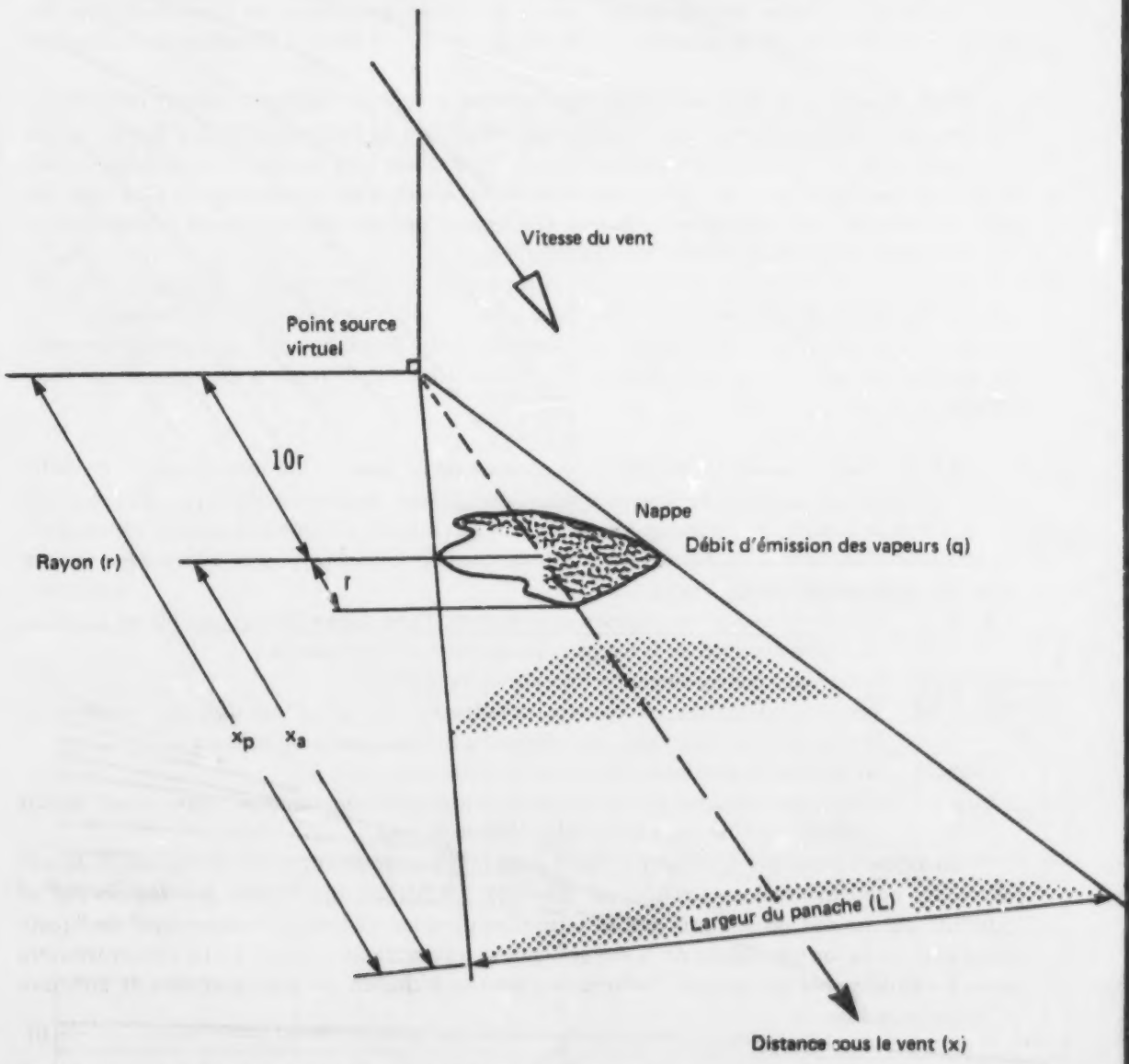
Figure 17 Distance parcourue par le panache, calculée en fonction du temps écoulé depuis le déversement et pour différentes vitesses de vent

La figure 12 indique les étapes à suivre dans le calcul de la diffusion des vapeurs et dans le choix des nomogrammes et des tableaux à utiliser. En fait, ce sont les étapes encadrées par un pointillé qui servent dans la présente section. (Les données relatives au volume total de liquide déversé et au rayon équivalent de la nappe figurent aux sections 5.2 et 5.4.) Le lecteur trouvera dans les paragraphes qui suivent l'information relative à chacun des nomogrammes de diffusion et à son utilisation.

5.3.2.1 Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe et de la température. – Le Manuel d'introduction Enviroguide fournit des formules permettant de calculer la vitesse d'évaporation propre à l'éthylbenzène. À une température de 20 °C et sous un vent dont la vitesse est de 4,5 m/s (16,1 km/h), cela donne 0,27 $g/m^2 \cdot s$. D'autres vitesses ont été calculées à l'aide d'une formule qui, pour un vent donné, tient compte de la température ambiante et de la tension de vapeur du produit (Chem. Eng., 1975) à cette température. Ainsi, pour un vent dont la vitesse est de 4,5 m/s, la vitesse d'évaporation est de 0,069 $g/m^2 \cdot s$ à 0 °C et de 0,487 $g/m^2 \cdot s$ à 30 °C.

Figure 11

ÉTHYLBENZÈNE **FORMATION D'UN PANACHE DE VAPEURS**



À l'aide de la figure 20, le rayon maximal de la nappe en fonction de différentes masses de liquide déversé peut être calculé. Le rayon et la vitesse d'évaporation ainsi calculés permettent d'établir le nomogramme de la figure 12 sur la relation entre le rayon de la nappe et le débit d'émission des vapeurs.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

Pour une nappe de rayon connu, le débit (q) d'émission des vapeurs dans l'atmosphère à une température donnée peut être évalué à l'aide de la figure 13. Les segments continus des droites représentent des quantités déversées allant de 0,2 à 70 tonnes, ce dernier chiffre correspondant à peu près au volume type de 80 000 litres (17 600 gal imp.) contenu dans un wagon-citerne chargé d'éthylbenzène. Le lecteur notera que la figure 13 vaut pour une vitesse de vent de 4,5 m/s (16,1 km/h); elle ne permet donc qu'une évaluation approximative du débit d'émission pour toute autre vitesse de vent. En revanche, le Manuel d'introduction Enviroguide fournit l'équation qui permet d'établir la vitesse d'évaporation pour une vitesse de vent donnée à partir de la vitesse d'évaporation pour une vitesse de vent de 4,5 m/s.

Le calcul du débit d'émission se fait à partir du rayon d'une nappe étalée sur un plan d'eau calme (Table Tl, CHRIS, 1974). Comme un plan d'eau calme présente une surface lisse, sans obstacle, à la différence d'un sol dont la surface est souvent inégale et poreuse, le rayon dans le cas d'un plan d'eau calme constitue une valeur maximale. Il s'ensuit que si l'on utilise pour un déversement sur le sol le même algorithme que pour un déversement sur un plan d'eau calme, le rayon sera surévalué.

5.3.2.2 **Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent.** – La figure 14 illustre la relation qui existe entre la teneur en polluant, sous forme de vapeurs, et la distance sous le vent pour les catégories D et F de conditions (météorologiques) de stabilité. Le nomogramme a été établi à l'aide des modèles de diffusion décrits dans le Manuel d'introduction Enviroguide. La teneur en vapeurs est représentée par la teneur uniformisée (Tu/q) au niveau du sol le long de la médiane du panache schématisé. La catégorie F est la moins propice à la diffusion du panache; la catégorie D est la plus fréquente presque partout au Canada. Il faut déterminer la catégorie appropriée (tableau 7) avant d'utiliser la figure 14.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La distance maximale dangereuse du côté sous le vent (x) peut être déterminée à l'aide de la figure 14, si l'on possède les données suivantes:

Débit (q) d'émission des vapeurs, en g/s;

Vitesse du vent (u), en m/s;

Catégorie de conditions (météorologiques) de stabilité;

Teneur (T) dangereuse limite, soit la valeur la moindre entre 10 fois la *Threshold Limit Value*® (g/m^3) et la limite inférieure d'inflammabilité (g/m^3). N.-B. – Pour obtenir la TLV® ou la limite inférieure d'inflammabilité en g/m^3, se servir des figures 15 et 16.

Tableau 7
Deux catégories de conditions (météorologiques) de stabilité

Catégorie F	Catégorie D
Vitesse du vent < 11 km/h (~ 3 m/s) et l'une des conditions suivantes: ciel couvert durant le jour; nuit; forte inversion de température.	Valable pour toutes les autres conditions.

ÉTHYLBENZÈNE

ÉTAPES À SUIVRE POUR DÉTERMINER LA ZONE DANGEREUSE

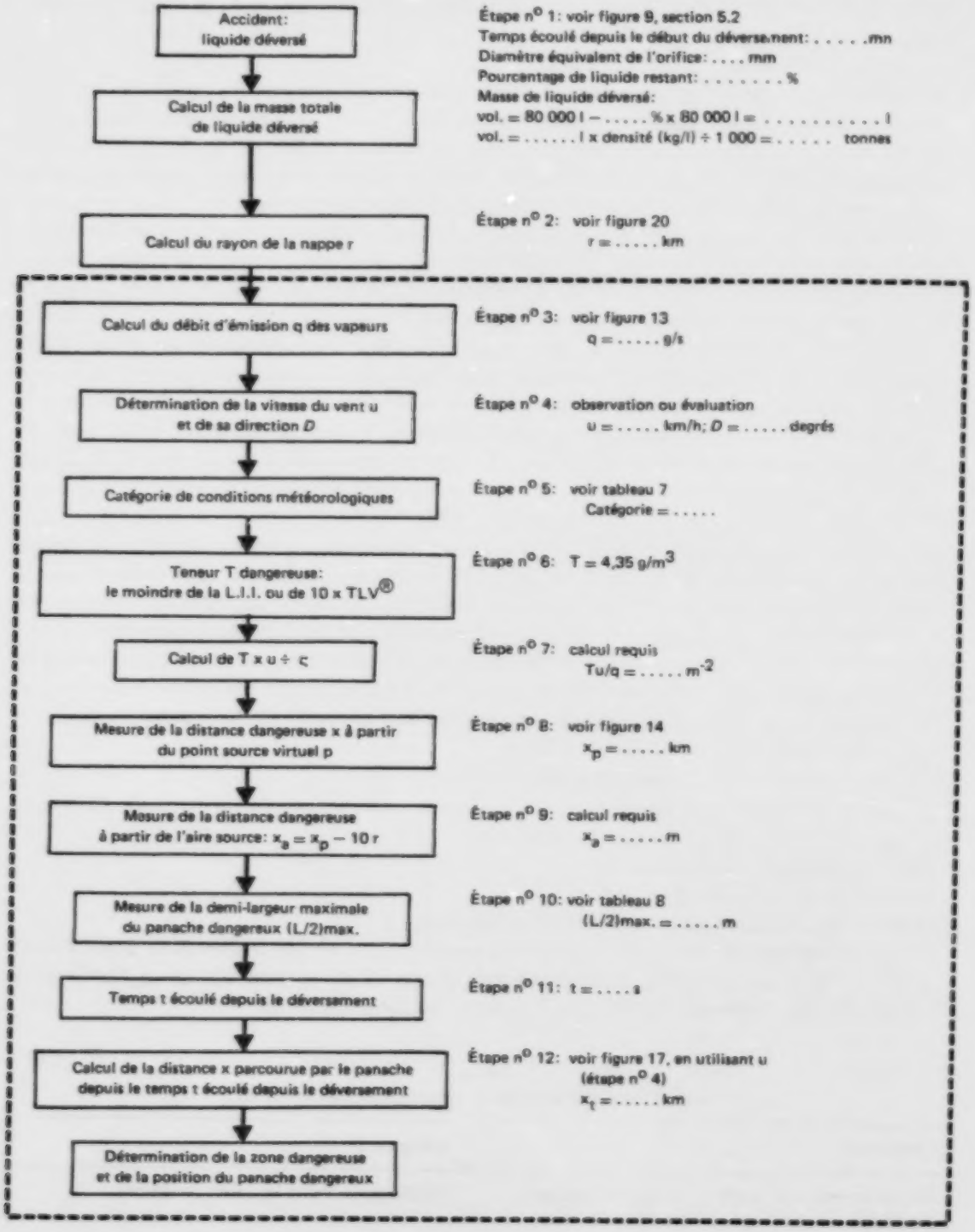
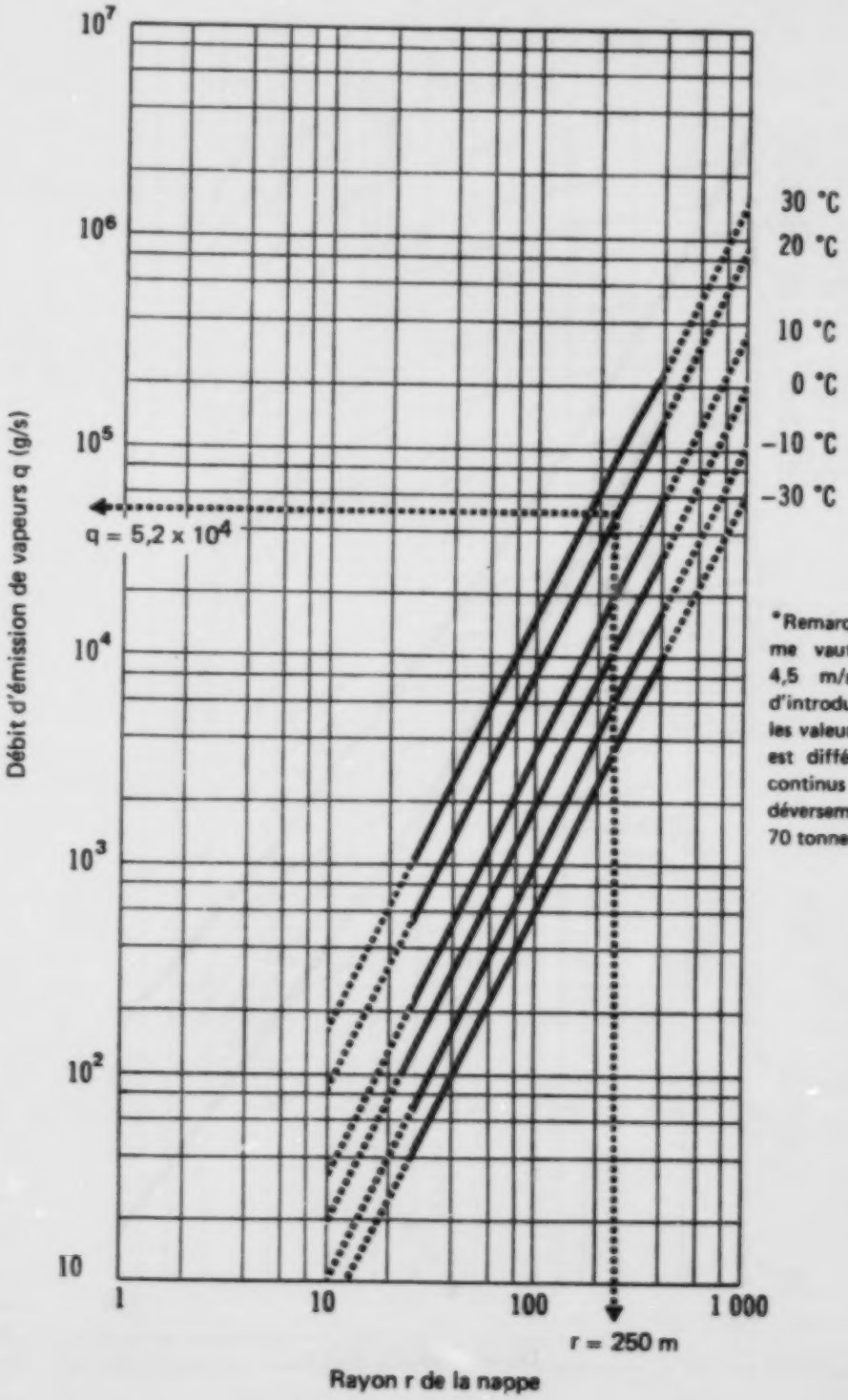


Figure 13

ÉTHYLBENZÈNE

DÉBIT D'ÉMISSION DE VAPEURS À DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES*, EN FONCTION DU RAYON DE LA NAPPE



*Remarque. — Le nomogramme vaut pour un vent de 4,5 m/s. Voir le Manuel d'introduction pour convertir les valeurs si la vitesse du vent est différente. Les segments continus représentent des déversements de 0,2 à 70 tonnes.

Figure 14

ÉTHYLBENZÈNE

TENEUR UNIFORMISÉE EN VAPEURS EN FONCTION DE LA DISTANCE SOUS LE VENT

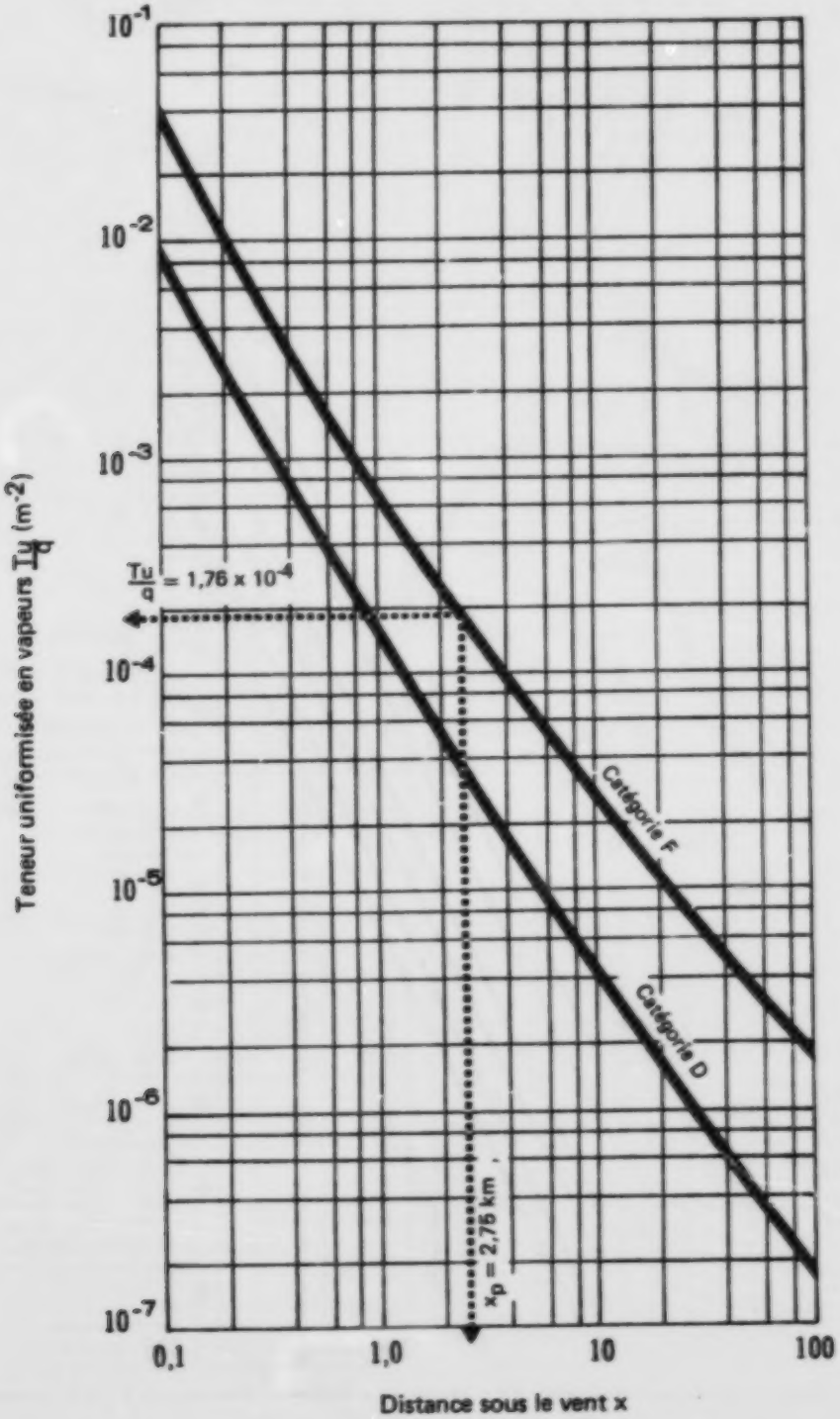
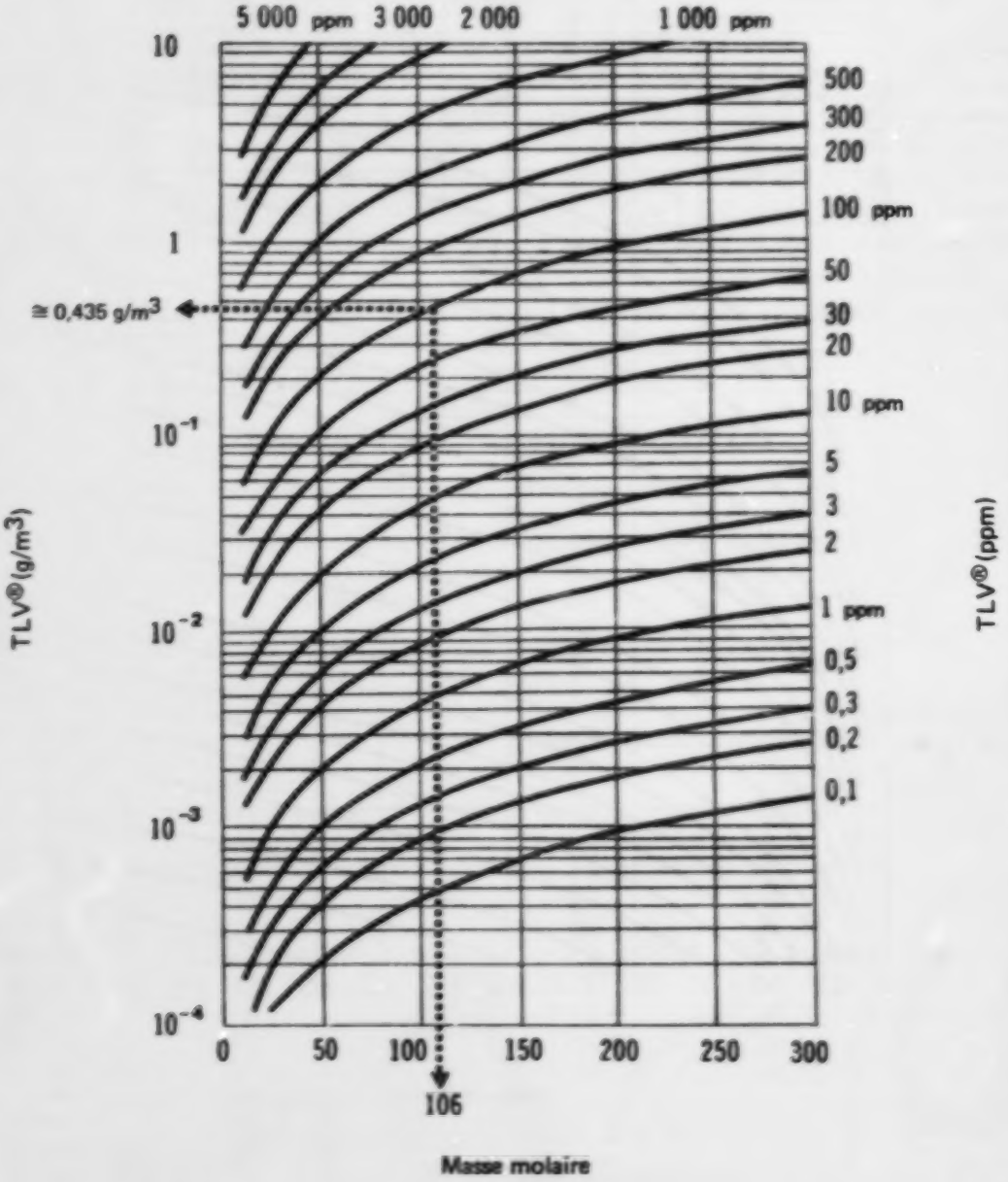


Figure 15

ÉTHYLBENZÈNE — **CONVERSION EN g/m³ DE LA TLV®**

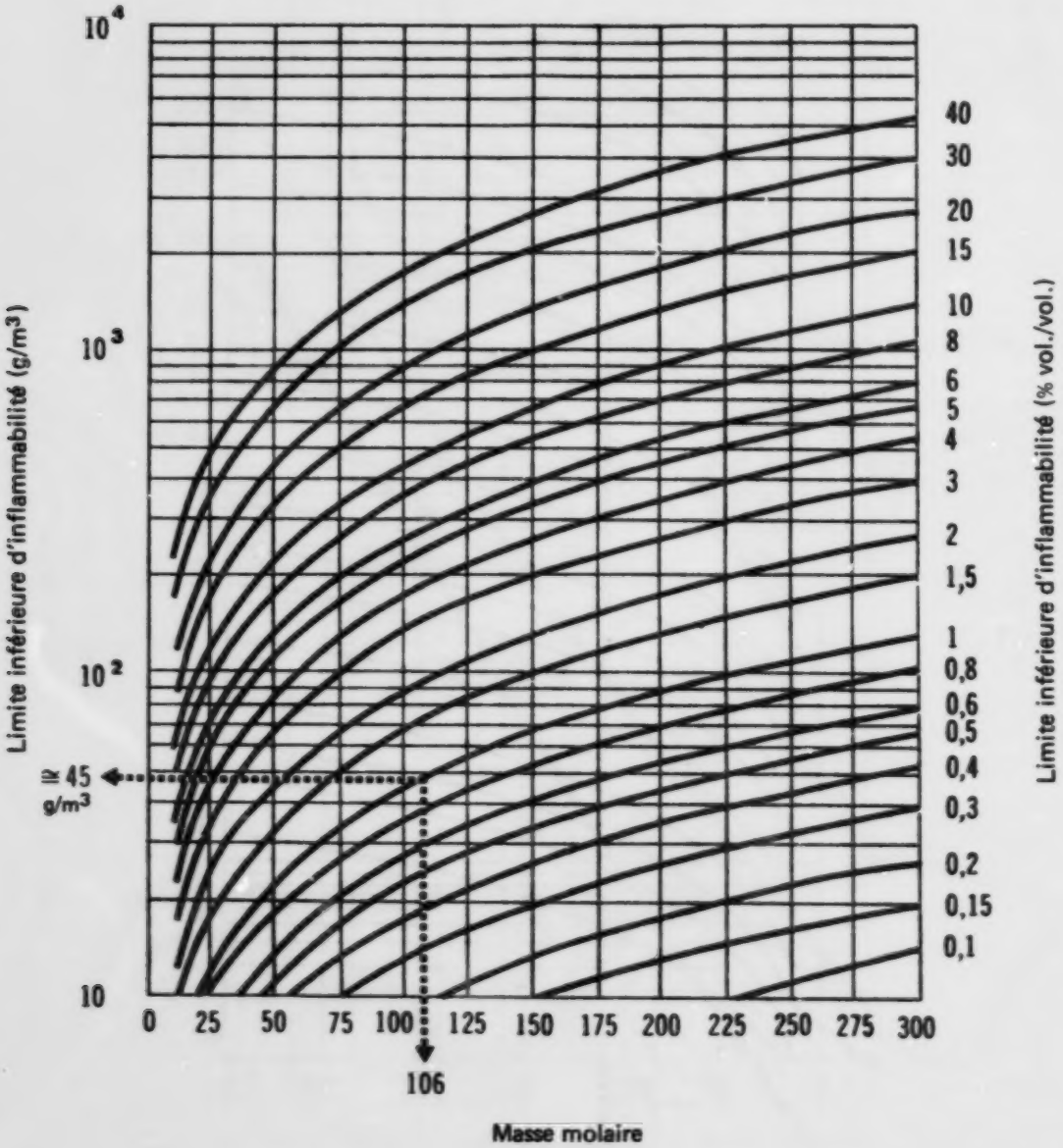


Exemple. – Éthylbenzène: masse molaire = 106; TLV® = 100 ppm = 0,435 g/m³.
Remarque. – Données valables pour une température de 25 °C et une pression de 760 mm de mercure.

Figure 16

ÉTHYLBENZÈNE

CONVERSION EN g/m³ DE LA LIMITE INFÉRIEURE D'INFLAMMABILITÉ (EXPRIMÉE EN % VOL./VOL.)



Exemple. – Si la limite inférieure d'inflammabilité de l'éthylbenzène (poids moléculaire de 106) est de 1 p. 100, la conversion donne 45 g/m³.

Remarque. – Données valables pour une température de 25 °C et une pression de 760 mm de mercure.

Une teneur dangereuse limite, égale à 10 x TLV®, a été choisie de façon arbitraire; elle représente une limite «relativement réaliste» au-delà de laquelle une exposition de courte durée (30 minutes) présente un danger pour la santé, la TLV® est une norme d'exposition de longue durée sur les lieux de travail. Si elle était utilisée comme teneur limite dangereuse, la zone dangereuse atteindrait des proportions démesurées.

5.3.2.3 Demi-largeur maximale du panache dangereux. – Le tableau 8 présente des valeurs de la demi-largeur maximale du panache (L/2)max. pour une plage de valeurs q/u, en fonction des conditions de stabilité D et F. Ces valeurs ont été calculées à l'aide des modèles de diffusion expliqués dans le Manuel d'introduction Enviroguide, en supposant une teneur dangereuse limite (ce qu'on appelle communément une teneur maximale admissible) égale à 10 fois la TLV® attribuée à l'éthylbenzène (soit 10 x 0,435 g/m^3 = 4,35 g/m^3). La demi-largeur du panache dangereux représente la demi-largeur du nuage de vapeurs d'éthylbenzène, situé du côté sous le vent et atteignant une teneur égale à 10 x TLV® . Le tableau 8 ne s'applique donc que dans le cas de cette teneur limite de 4,35 g/m^3. À noter que la distance maximale considérée est de 100 kilomètres.

Tableau 8
Demi-largeurs maximales du panache dangereux (à 20 °C)

Catégorie de stabilité D			Catégorie de stabilité F		
q/u (g/m)	(L/2)max. (m)		q/u (g/m)	(L/2)max. (m)	
30 000 000	3 400	x = 99,5 km	2 500 000	1 385	x = 97,4 km*
25 000 000	3 030		2 000 000	1 175	
20 000 000	2 640		1 500 000	985	
15 000 000	2 210		1 000 000	700	
10 000 000	1 720		750 000	565	
8 000 000	1 500		500 000	420	
6 000 000	1 255		400 000	350	
5 000 000	1 120		300 000	295	
3 000 000	815		250 000	260	
2 500 000	730		200 000	225	
2 000 000	635		150 000	190	
1 500 000	540		100 000	145	
1 000 000	425		50 000	95	
750 000	360	q/u = 24 760 →	25 000	60	→ (L/2)max. = 60 m
500 000	285		20 000	50	
400 000	250		10 000	35	
300 000	210		5 000	25	
200 000	165		1 000	10	
150 000	140				
100 000	110				
50 000	75				
25 000	50		*Voir l'exemple de calcul:		
10 000	32		étape 8; 5.3.2.3.		
5 000	20				
1 000	10				

Note. – Les chiffres ci-dessus ne valent que pour une teneur de 4,35 g/m^3.
Exemple. – Pour un débit d'émission de vapeurs q = 5,2 x 10^4 g/s, une vitesse de vent u = 2,1 m/s et des conditions météorologiques de catégorie F, q/u = 24 760, ce qui donne une demi-largeur maximale du panache (L/2) max. de 60 m.

Dans les conditions (météorologiques) de stabilité D, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 à 30 m/s. Quant à l'éventail de débits d'émission (q) utilisé, qui va de 30 000 à 30 000 000 g/s, il correspond à un éventail de masses déversées comprises entre 10 et 5 000 tonnes. Si tout le contenu, soit 80 000 l (17 600 gal imp.) d'un wagon-citerne était déversé, cela représenterait une masse de 69 400 kg (69 tonnes). Le tableau 8, pour la catégorie D, fournit des chiffres calculés en fonction de masses jusqu'à 70 fois plus considérables.

Dans les conditions (météorologiques) de stabilité F, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 à 3 m/s. Quant à l'éventail de débits d'émission (q) utilisé, qui va de 3 000 à 2 500 000 g/s, il correspond à un éventail de masses déversées comprises entre 1 et 1 000 tonnes. Le tableau 8, pour la catégorie F, fournit des chiffres calculés en fonction de masses atteignant jusqu'à 14 fois la contenance d'un wagon-citerne standard.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

À partir de valeurs connues de q et de u et en fonction d'une catégorie donnée de stabilité, calculez q/u. Choisissez la valeur q/u la plus proche fournie dans le tableau et la demi-largeur maximale correspondante, en mètres. Si vous désirez un résultat un peu plus précis, déterminez par interpolation les valeurs q/u et (L/2)max. (Voir également l'exemple qui accompagne le tableau 8.)

5.3.2.4 **Distance parcourue par le panache, en fonction du temps écoulé.** – La figure 14 indique la distance x parcourue par le panache après un temps t de déplacement pour une vitesse de vent u donnée. Il s'agit de la représentation graphique de la relation $x_t = ut$ appliquée à un éventail de vitesses de vent courantes.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La vitesse du vent u et le temps t de déplacement du panache étant connus, la distance x_t parcourue du côté sous le vent peut être obtenue.

5.3.3 **Exemple de calcul.** – L'exemple donné ci-dessous illustre les étapes à suivre dans le calcul qui permet de déterminer la zone dangereuse du côté sous le vent du lieu où se produit un déversement. L'utilisateur prendra note des limites des méthodes de calcul décrites dans le présent guide ou dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les estimations ne valent que pour les conditions précisées. Il est souhaitable que l'utilisateur, dans un cas de déversement réel, se serve de données connues ou observables (par exemple en ce qui concerne le rayon de la nappe).

DONNÉES DU PROBLÈME

Au cours de la nuit, vers 2 h, 20 tonnes d'éthylbenzène ont été déversées sur un sol plat. Il est maintenant 2 h 05. La température est de 20 °C et le vent souffle du nord-ouest à une vitesse de 7,5 km/h. Déterminer la zone de vapeurs dangereuses.

ÉTAPES DU CALCUL

Étape 1 La masse *m* de liquide déversé est de 20 tonnes.

Étape 2 Calculer le rayon r de la nappe.

Utiliser le rayon mesuré sur place si cela est possible.

Sinon, utiliser le rayon maximal déterminé par la figure 20. (Comme cette figure s'applique au cas d'un déversement sur un plan d'eau calme, le rayon sera surévalué si le déversement a lieu sur le sol.)

Rayon r = 250 ÷ 1 000 = 0,25 km.

Étape 3 Calculer le débit q d'émission de vapeurs à temp. = 20 °C

Selon la figure 13, si r = 250 m et temp. = 20 °C, $q = 5{,}2 \times 10^4$ g/s.

Étape 4 Déterminer la vitesse du vent u et sa direction *D*.

Utiliser l'information accessible sur les conditions météorologiques, de préférence à partir d'observations faites sur le terrain. Ici:

$u = 7{,}5$ km/h; $u = 7{,}5 \div 3{,}6 = 2{,}1$ m/s;

D = N.-O. ou 315° (D = direction d'où souffle le vent).

Étape 5 Déterminer la catégorie appropriée de conditions météorologiques.

Le tableau 7 permet d'établir qu'il s'agit de la catégorie F, puisque $u < 11$ km/h et que le déversement se produit au cours de la nuit.

Étape 6 Déterminer la teneur T dangereuse limite.

Opter pour la valeur la moindre entre 10 x TLV® et la limite inférieure d'inflammabilité.

$T = 4{,}35$ g/m^3 (TLV® = 0,435 g/m^3; L.I.I. = 43,5 g/m^3).

Étape 7 Calculer Tu/q.

$$Tu/q = \frac{4{,}35 \times 2{,}1}{5{,}2 \times 10^4} = 1{,}76 \times 10^{-4} m^{-2}.$$

Étape 8 Calculer la distance maximale dangereuse du côté sous le vent x à partir du point source p virtuel.

Voir figure 14. Pour la catégorie F de conditions météorologiques, si $Tu/q = 1{,}76 \times 10^{-4}$, $x_p = 2{,}75$ km.

Étape 9 Calculer la distance dangereuse maximale du côté sous le vent x à partir de l'aire source a.

Comme $x_p = 2{,}75$ km et $r = 0{,}25$ km, $x_a = x_p - 10r = 2{,}75$ km $- 10\,(0{,}25$ km) $= 0{,}25$ km.

Étape 10 Calculer la demi-largeur maximale du panache dangereux.

Se servir du tableau 8. Comme $q = 5{,}2 \times 10^4$ g/s et $u = 2{,}1$ m/s,

$$q/u = \frac{5{,}2 \times 10^4}{2{,}1} = 24\,760 \text{ g/m};$$

pour la catégorie F de conditions météorologiques, la valeur q/u la plus proche est 25 000 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale d'environ 60 m.

Étape 11 Déterminer le temps t écoulé depuis le début du déversement,

$t = 5$ mn x 60 = 300 s.

Étape 12 Calculer la distance sous le vent x parcourue par le panache depuis le début du déversement.

Se servir de la figure 14. Comme $t = 300$ s et $u = 7{,}5$ km/h, $x_t = 0{,}6$ km (plus précisément: $ut = 2{,}1$ m/s x 300 s = 630 m = 0,63 km).

Étape 13 Schématiser la zone dangereuse.

Cela se fait en formant un rectangle dont deux des côtés opposés mesurent (chacun) deux fois la demi-largeur maximale du panache dangereux (60 m), alors que les deux autres côtés mesurent (chacun) l'équivalent de la distance maximale dangereuse sous le vent à partir de l'aire source, soit 0,25 km, et sont orientés dans la direction du vent (voir figure 18).

Si le vent ne fluctue que de 20° (315° ± 10°), le schéma de la zone dangereuse correspond à celui de la figure 19.

Note. — Au cours des 5 minutes qui se sont écoulées depuis le début du déversement, le panache a franchi 0,63 km, sous un vent de 7,5 km/h, alors que la distance maximale sous le vent est de 0,25 km seulement.

Figure 17

ÉTHYLBENZÈNE

DISTANCE PARCOURUE PAR LE PANACHE
EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

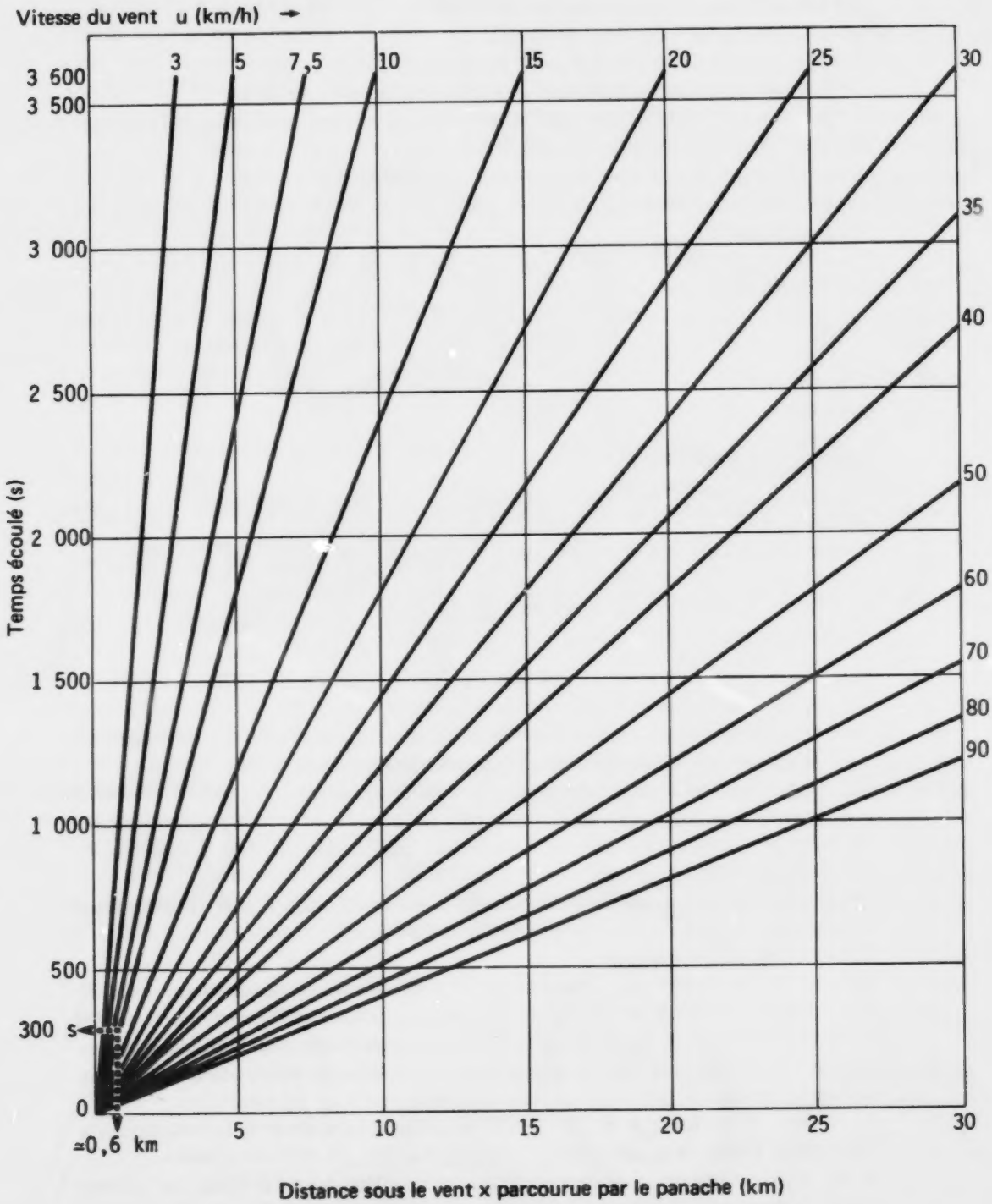


Figure 18

ÉTHYLBENZÈNE — **ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT INVARIABLE EXEMPLE DE PROBLÈME**

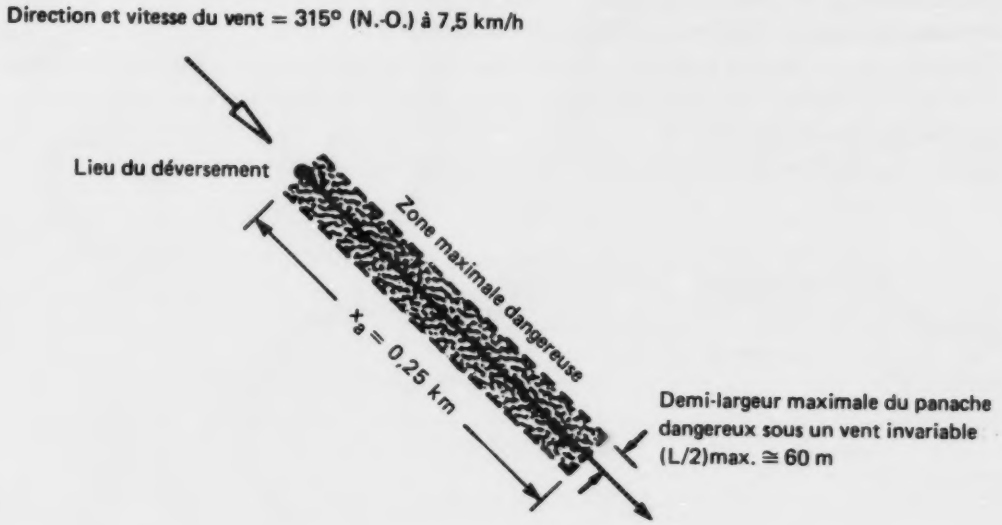
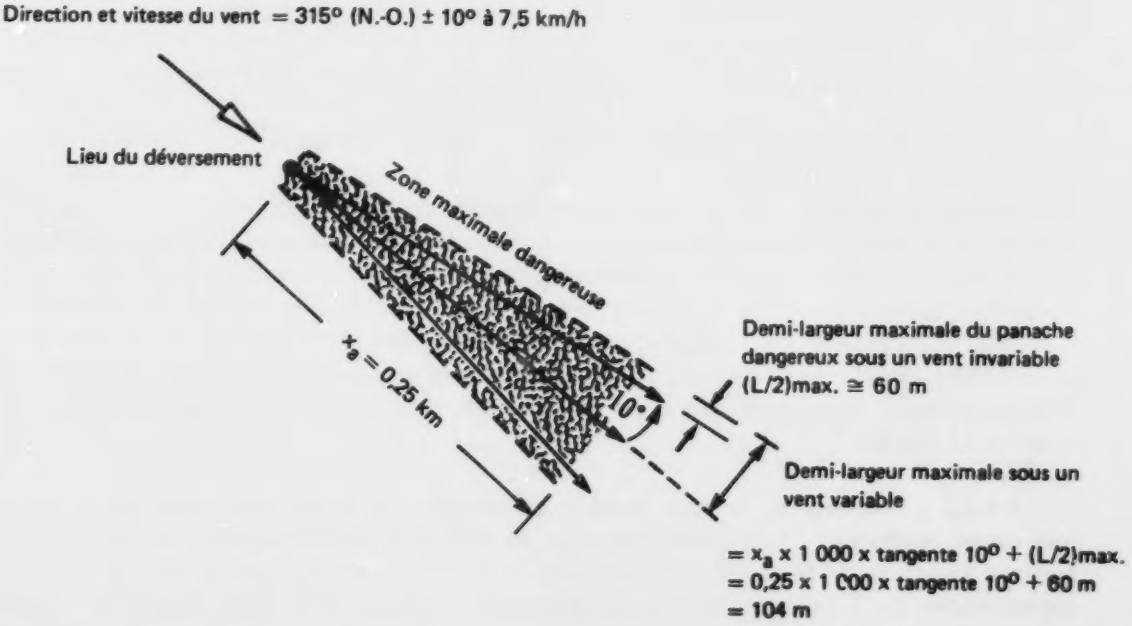


Figure 19

ÉTHYLBENZÈNE — **ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT VARIABLE EXEMPLE DE PROBLÈME**

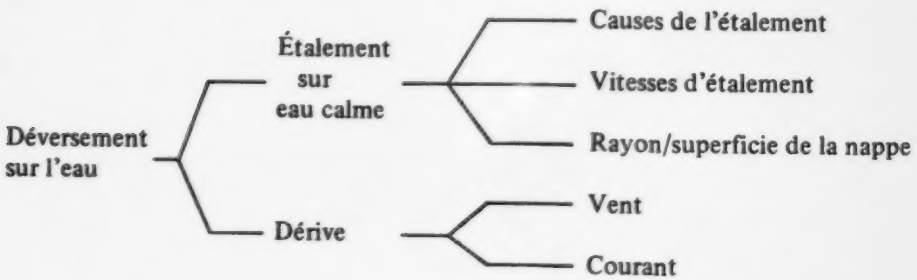


5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – La vitesse à laquelle le produit s'étale sur l'eau est basée sur l'équilibre entre les forces ayant tendance à étaler le liquide (gravité et tension superficielle) et celles qui ont tendance à résister à l'étalement (inertie et viscosité).

En plus d'avoir tendance à s'étaler, la nappe dérivera dans la même direction et à la même vitesse que l'eau de surface. La direction et la vitesse de l'eau à la surface sont conditionnées par la force du courant et celle du vent.

Voici les facteurs dont il a été tenu compte pour établir les nomogrammes:



5.4.2 Nomogrammes. – Les nomogrammes suivants simplifient les calculs.

Figure 20 Rayon de la nappe en fonction du temps (eau calme, non confinée) pour diverses masses de liquide déversé; rayon maximal de la nappe

Figure 21 Longueur de la zone touchée en fonction du rayon équivalent de la nappe (eau calme, confinée) correspondant à certaines largeurs de cours d'eau

Figure 22 Distance de dérive en fonction du temps pour différentes vitesses d'eau de surface

Figure 23 Addition vectorielle de la vitesse du courant de surface et de celle du vent

5.4.2.1 Rayon de la nappe en fonction du temps (eau calme, non confinée). – La figure 20 permet de calculer le rayon d'une nappe non confinée d'éthylbenzène provenant du déversement d'une masse connue, à un moment précis après l'accident. Les équations correspondant à l'étalement d'une nappe sur l'eau sont présentées dans le Manuel d'introduction. Selon une critique du modèle d'étalement (Eisenberg, 1975), ces équations sont valides dans le cas où la viscosité du liquide répandu est supérieure ou égale à 0,2 fois la viscosité de l'eau.

Dans le cas présent, on a supposé que la température eau/nappe était de 20 °C, maximum vraisemblable dans le cas de l'eau de surface. On maximise ainsi la taille de la nappe, quel que soit le moment choisi. Si le rayon indiqué est supérieur au rayon maximal théorique de la nappe, on se sert de ce dernier.

5.4.2.2 Longueur de la zone touchée en fonction du rayon (équivalent) de la nappe (eau calme, confinée). – Si la distance séparant les rives du plan d'eau est inférieure au diamètre maximal théorique de la nappe, cette dernière est confinée. On peut alors calculer la longueur approximative de la zone touchée (figure 21) à partir du rayon de la nappe (figure 20), si l'on connaît la largeur (L) du cours d'eau.

Figure 20

ÉTHYLBENZÈNE

RAYON DE LA NAPPE, EN FONCTION DU TEMPS (EAU CALME, NON CONFINÉE)

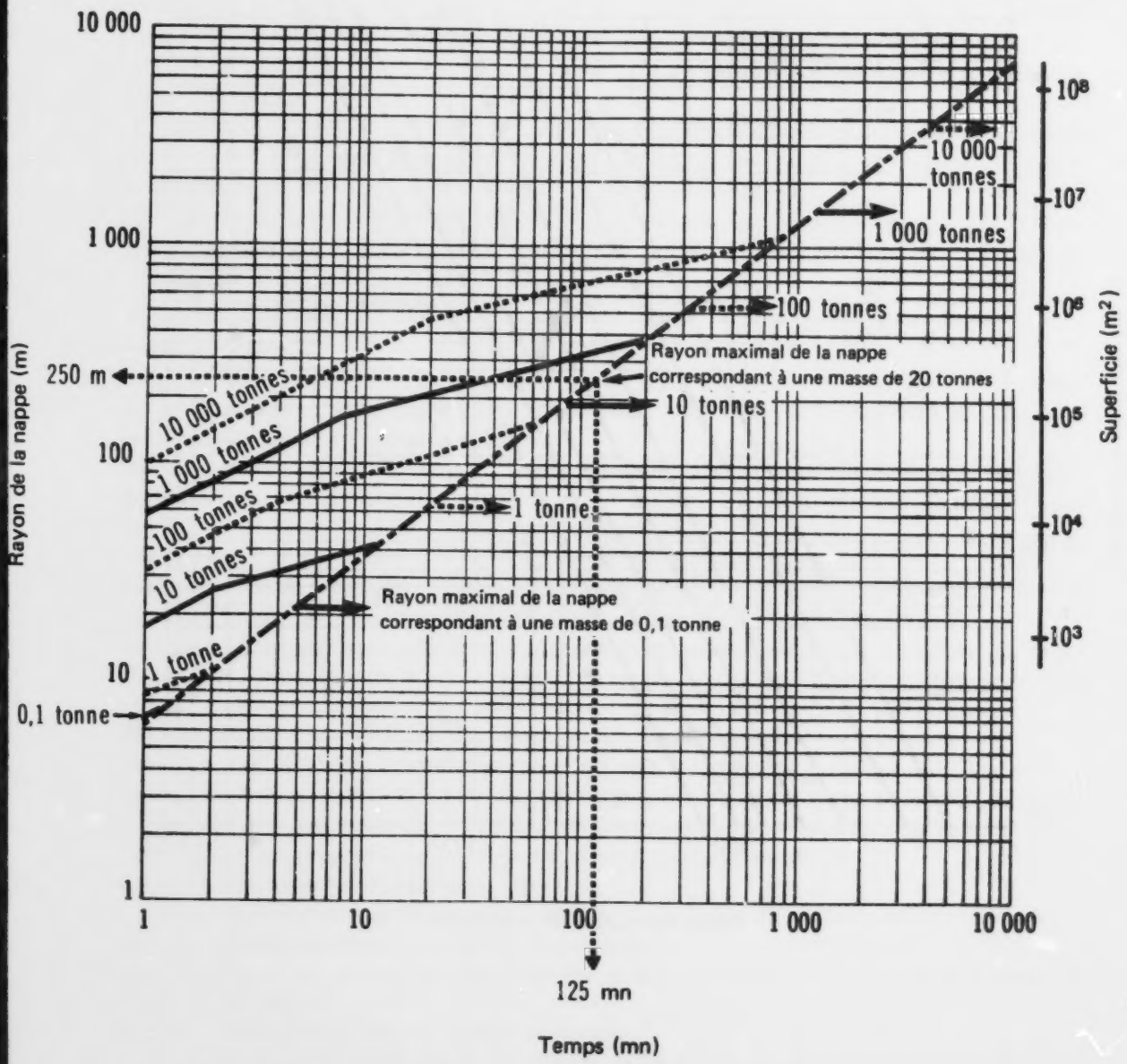
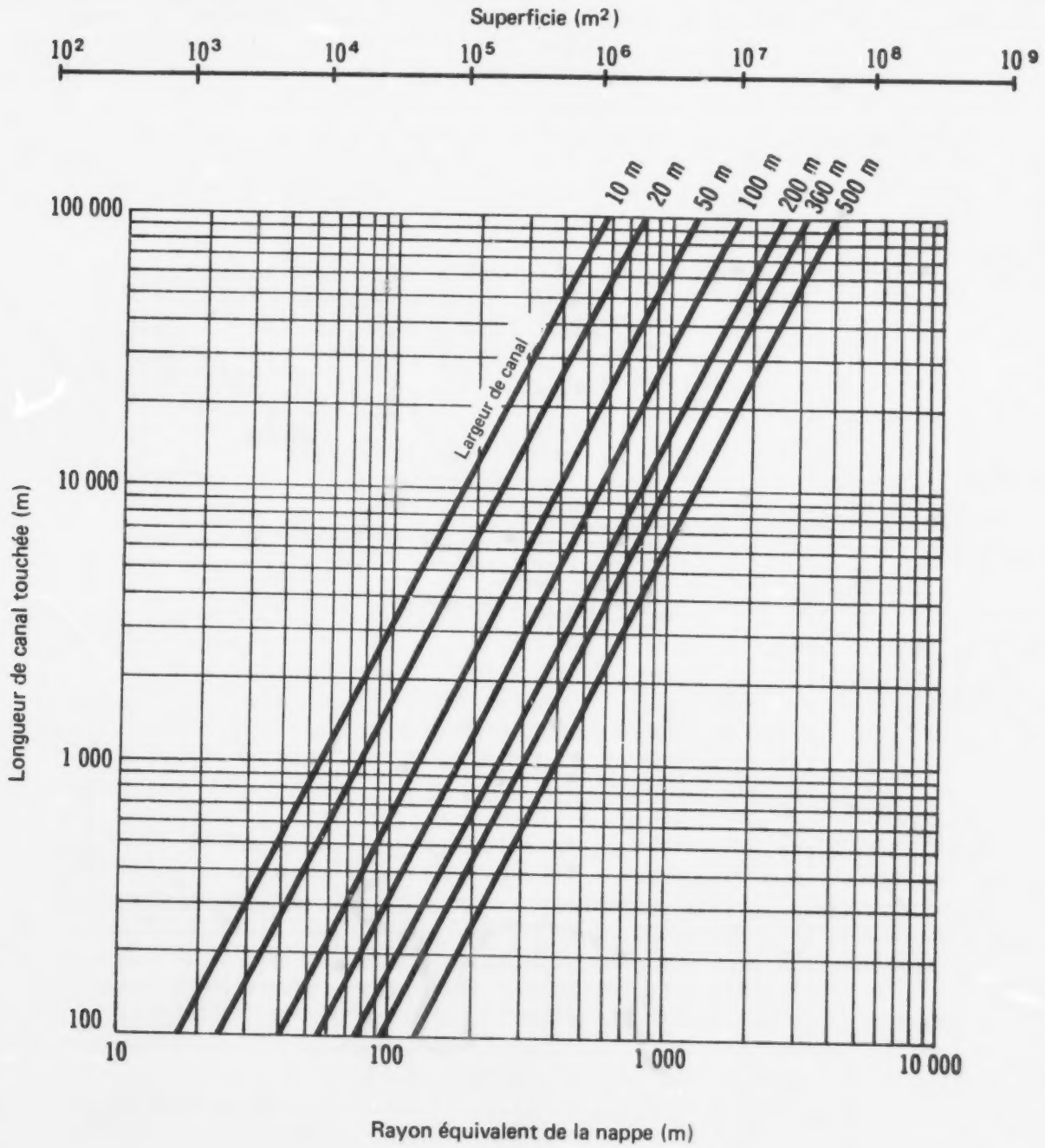


Figure 21

ÉTHYLBENZÈNE

LONGUEUR DE CANAL TOUCHÉE, EN FONCTION DU RAYON DE LA NAPPE (EAU CALME, CONFINÉE)



5.4.2.3 Distance de dérive en fonction du temps (absence de vent). – La figure 22 représente le rapport simple qui existe entre la vitesse, le temps et la distance de dérive. La distance parcourue, dans un temps donné, par une nappe entraînée par un cours d'eau, est directement proportionnelle à la vitesse du courant de surface.

5.4.2.4 Addition vectorielle du courant de surface et du vent. – Pour tenir compte de ces deux facteurs, on suppose que la nappe se déplace à une vitesse égale à la somme vectorielle de la vitesse du courant et de 3 p. 100 de la vitesse du vent (u) (Phani, 1974; Fingas 1979, 1980).

La figure 23 a été conçue pour simplifier l'addition vectorielle du courant et de la vitesse du vent. L'axe horizontal correspondant à la vitesse du vent (vecteur éolien) a été gradué en kilomètres à l'heure. On additionne le vecteur du courant de surface au vecteur éolien en déterminant sa direction relative par rapport à celle du vent. La longueur du vecteur correspondant au courant de surface est définie par l'échelle graduée en m/s correspondant à la vitesse du courant de surface.

Le vecteur résultant représente la direction et la vitesse de dérive de la nappe, imprimées par le vent et le courant. La longueur du vecteur résultant représente la vitesse (m/s) de dérive de la nappe répandue lorsqu'on la mesure sur l'échelle verticale.

Le nomogramme ne tient pas compte de la déformation de la nappe causée par le vent ou les courants de surface, ni des pertes produites par évaporation ou autrement.

5.4.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Un déversement de 20 tonnes s'est produit sur un grand lac. Les vents sont faibles. Il faut déterminer la superficie de la nappe après 20 mn, ainsi que sa superficie maximale possible et le moment où cette superficie sera atteinte.

D'après la figure 20, s'il s'est écoulé 20 mn, comme la masse de liquide déversé est de 20 tonnes, on obtient par extrapolation un rayon de 60 m environ. Un calcul similaire donne un rayon maximal de 250 m environ, qui sera atteint après 120 mn.

PROBLÈME B

La nappe décrite au problème A est confinée dans un canal de 50 m de largeur environ, où l'eau est calme. Quelle est la longueur maximale de canal touchée par le déversement?

La figure 20 (solution au problème A) donne pour le déversement de 20 tonnes un rayon maximal de 250 m. D'après la figure 21, pour un rayon maximal de 250 m et une largeur de canal de 50 m, la longueur maximale de canal touchée, l'eau étant calme, est de 4 000 m environ.

PROBLÈME C

Les 20 tonnes déversées sont déplacées par un vent du sud-ouest soufflant à 40 km/h et un courant de surface de 0,15 m/s à 90° de la direction du vent (ce qui donne un courant de surface orienté vers le nord-ouest). Quelles sont la direction et la vitesse résultantes de la nappe et quelle sera la distance parcourue lorsque la nappe aura atteint sa taille maximale?

Étape 1 Déterminer le vecteur vent.

En se servant de la figure 23, mesurer la longueur du vecteur vent correspondant à 40 km/h au moyen de l'échelle horizontale.

Tracer le vecteur vent de la bonne longueur, orienté vers le nord-est à partir de l'origine.

Étape 2 Déterminer le vecteur courant de surface.

En se servant de la figure 23, mesurer la longueur du vecteur courant de surface correspondant à 0,15 m/s au moyen de l'échelle verticale.

Figure 22

ÉTHYLBENZÈNE

DISTANCE DE DÉRIVE (AUCUN VENT)

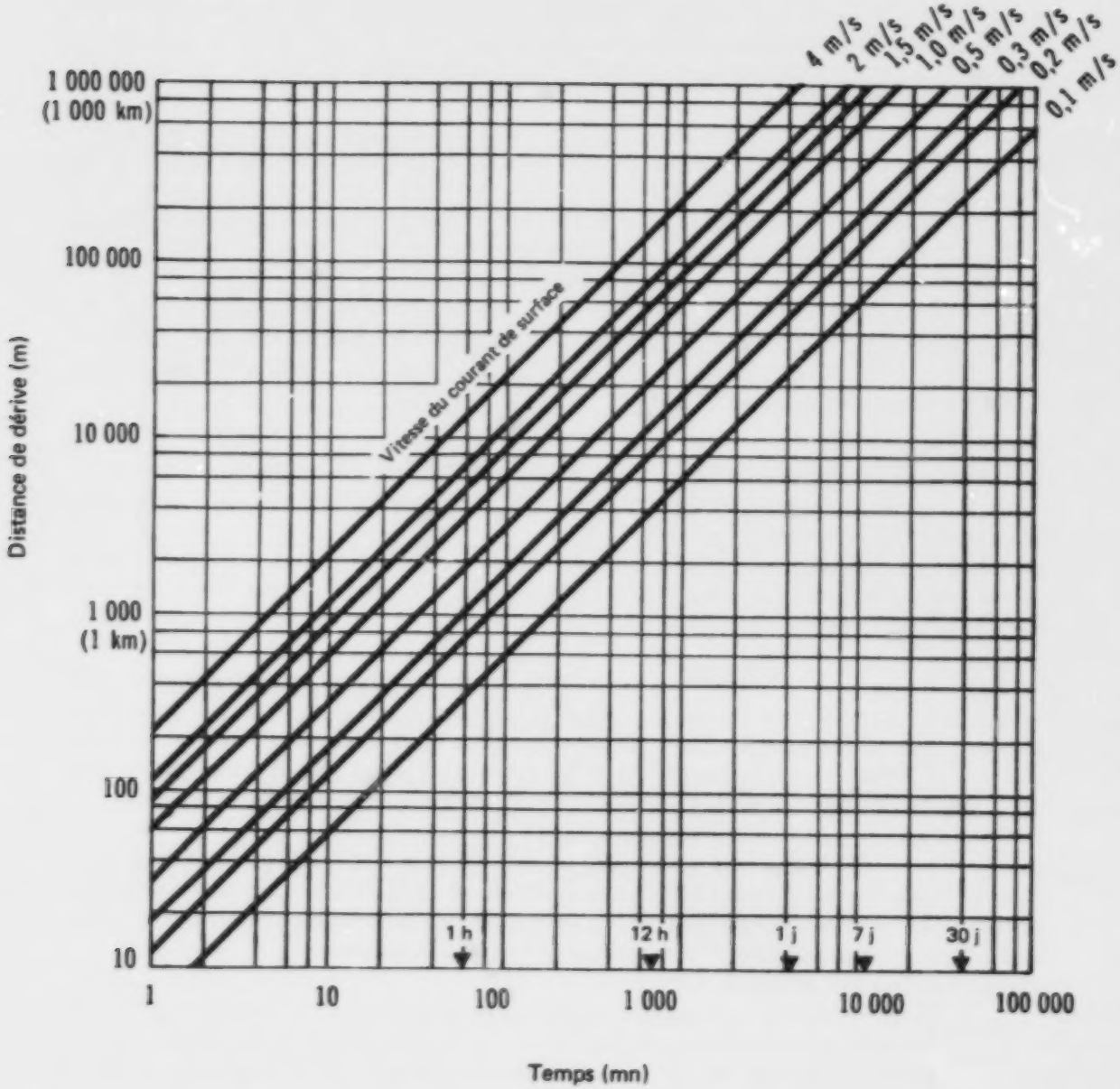
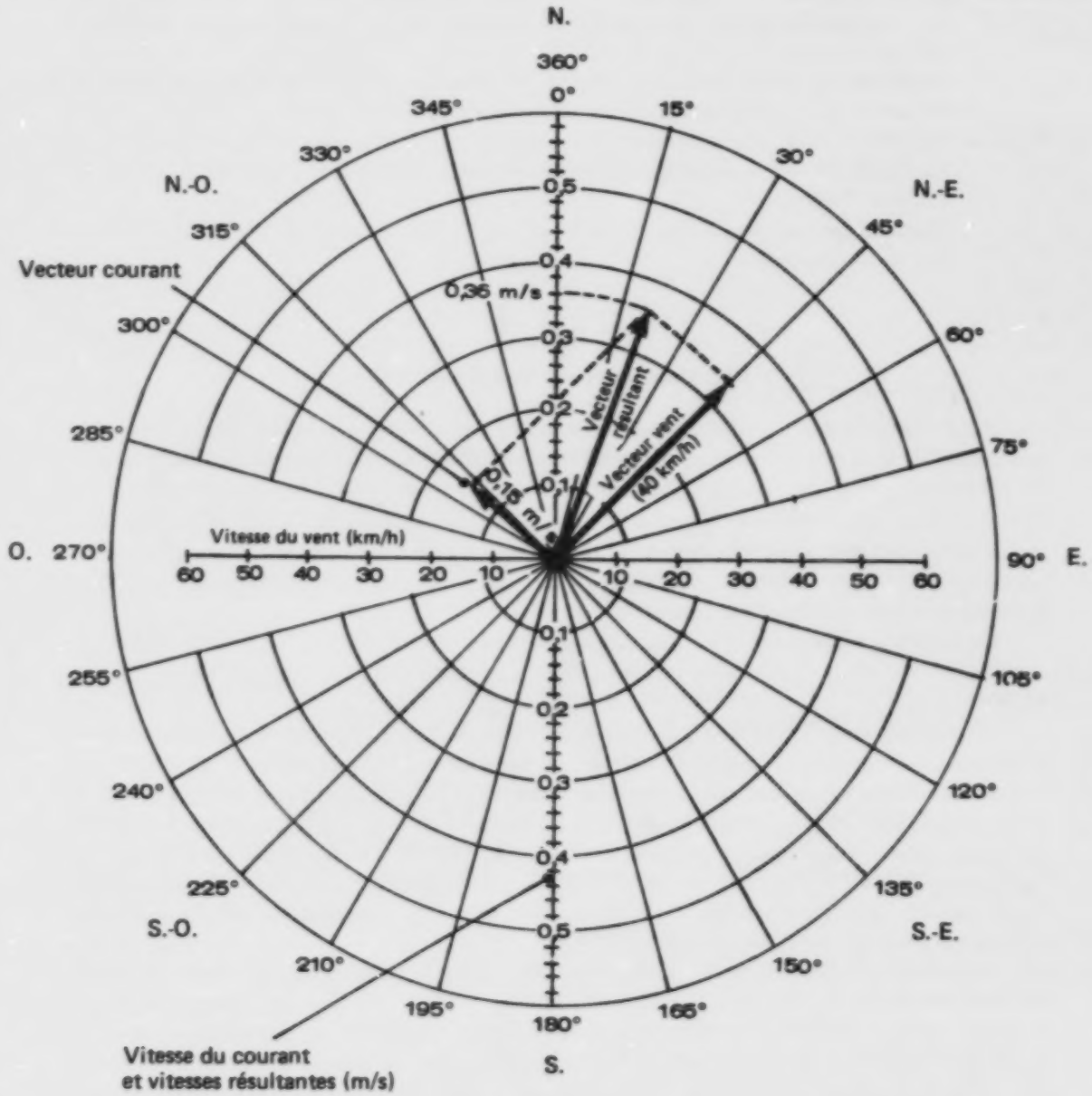


Figure 23

ÉTHYLBENZÈNE

ADDITION VECTORIELLE DU COURANT DE SURFACE ET DU VENT



Étape 3 Déterminer le vecteur résultant.

Tracer le vecteur résultant, à partir de l'origine jusqu'au point de rencontre des segments (pointillés) parallèles aux vecteurs vent et courant.

La direction de dérive, telle qu'elle est indiquée par le vecteur résultant, se situe à 20° au nord-est.

La vitesse de dérive peut être obtenue en mesurant la longueur du vecteur résultant au moyen de l'échelle verticale. Elle est évaluée à 0,36 m/s.

Étape 4 Déterminer la distance parcourue au moment où la nappe atteint son rayon maximal.

La figure 20 (ou le problème A) donne un rayon maximal de 250 m et un temps de 120 mn (7200 s).

Distance parcourue = 7200 s x 0,36 m/s = 2600 m au moment où la nappe atteint son rayon maximal.

5.5 Comportement dans la subsurface

5.5.1 Introduction. – Lorsque l'éthylbenzène est déversé sur le sol puis exposé aux précipitations, sa migration devient un phénomène à phases multiples: phase liquide et vapeur de l'éthylbenzène et de l'eau, éthylbenzène adsorbé sur les particules de sol et éthylbenzène dissous dans la phase aqueuse. Cependant, tel qu'il est décrit dans le Manuel d'introduction, malgré cette diversité, c'est le mouvement descendant des liquides non miscibles vers la nappe phréatique qui soulève le plus d'inquiétude. Le but visé par les nomogrammes est donc d'évaluer la vitesse de migration de l'éthylbenzène.

On a préparé un modèle de migration des fluides non miscibles, tel l'éthylbenzène, en comparant cette situation à celle du pétrole déversé sur des sols (Blokker, 1971; Freeze et Cherry, 1979).

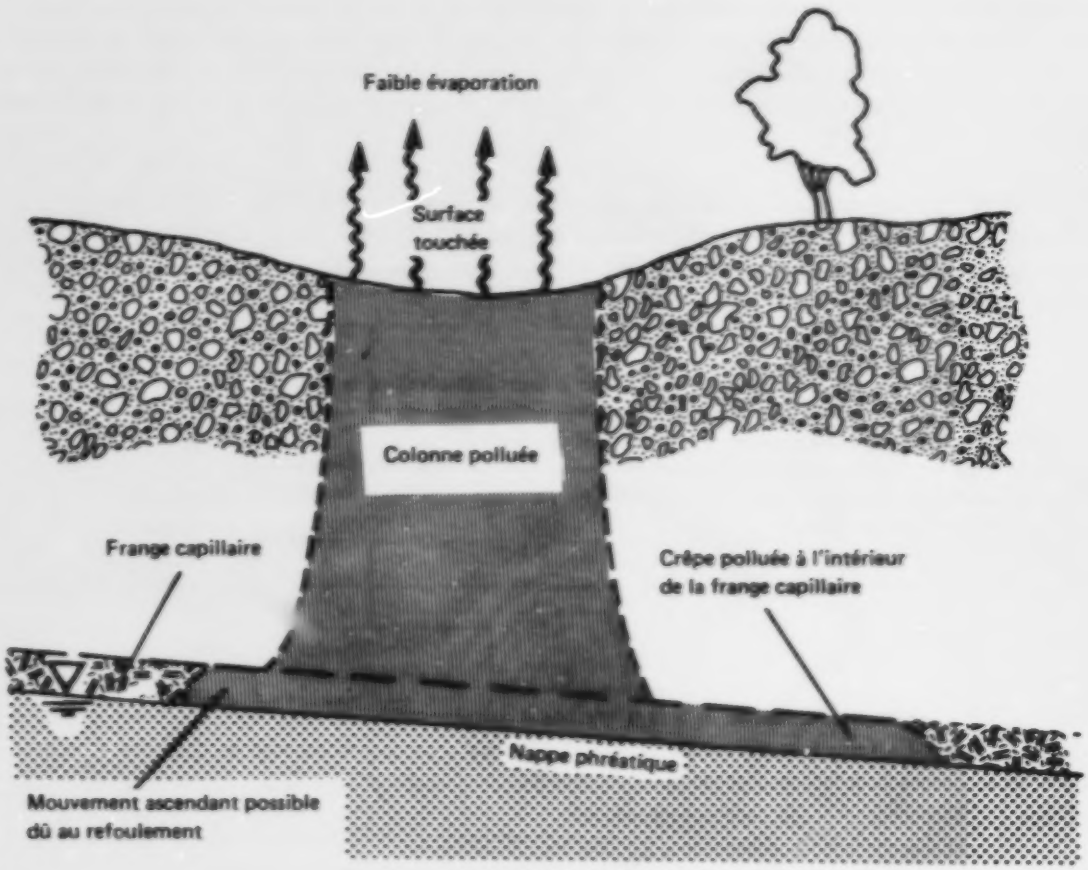
On suppose que, lorsqu'il se produit un déversement, le sol contient au plus une quantité d'eau correspondant à sa capacité au champ (ou capacité normale d'humidité), et ce jusqu'au niveau de la nappe phréatique. L'éthylbenzène répandu remplit les pores de la surface du sol et commence à descendre. La vitesse de pénétration est fonction du coefficient de perméabilité K du milieu pour l'éthylbenzène, comme l'explique le Manuel d'introduction. Des flaques se forment sur le sol lorsque la vitesse de déversement est supérieure à la vitesse de pénétration. Il est supposé que l'éthylbenzène descend en bloc saturant, laissant une quantité résiduaire constante S_0 dans les pores du sous-sol traversé.

Le mouvement descendant se poursuit jusqu'à ce que la quantité d'éthylbenzène déversée par unité de surface B_0 soit égale à la quantité retenue par le sous-sol S_0. La migration capillaire peut entraîner un certain mouvement horizontal. Si B_0 est supérieur à S_0 la quantité retenue au-dessus de la nappe phréatique, le surplus d'éthylbenzène s'étalera comme une crêpe à l'intérieur de la frange capillaire saturée d'eau souterraine. La zone polluée qui en résultera comprendra une colonne (verticale) et des crêpes (horizontales) de sous-sol retenant le polluant, comme on peut le voir à la figure 24.

Comme l'éthylbenzène est très légèrement soluble dans l'eau, la migration du polluant présent dans la phase liquide peut se poursuivre au fur et à mesure que les précipitations continuent de s'infiltrer à travers la zone polluée. L'adsorption sur les particules de sol, la volatilisation et la biodégradation sont d'autres facteurs qui peuvent influer sur le devenir de l'éthylbenzène.

Figure 24

ÉTHYLBENZÈNE — **MIGRATION DANS LE SOUS-SOL**



Sol: sable grossier
- porosité = 0,35
- perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2
- capacité au champ = 0,075

La vitesse de migration dépend de plusieurs facteurs qui sont fonction des propriétés du produit déversé et du sol. Le sol peut être particulièrement complexe en ce qui concerne son type de sa stratigraphie ainsi que ses caractéristiques comme le pH, son profil d'humidité, sa température et sa capacité d'infiltration au moment de l'accident. Comme ces caractéristiques peuvent varier beaucoup d'un endroit à un autre, ce genre d'analyse détaillée dépasse le cadre de la présente étude; nous avons donc mis au point des techniques simplifiées, d'application générale, utilisant les équations obtenues pour élaborer les nomogrammes.

Comme il est indiqué dans le Manuel d'introduction, nous avons examiné trois types de sols pour obtenir un large éventail de coefficients de perméabilité. Il a été supposé que les propriétés étaient uniformes sur toute la profondeur de migration. La détermination de S_O, fraction du volume des pores occupée par l'éthylbenzène résiduaire, était basée sur les travaux de Blokker (1971) concernant les déversements de pétrole. Étant donné la similarité des viscosités, on a assimilé le comportement de l'éthylbenzène dans le sous-sol à celui du kérosène et de l'huile légère.

5.5.2 **Nomogrammes de la migration dans le sous-sol.** – La figure 25 donne un plan d'utilisation des nomogrammes présentés aux figures 26 à 27. Ces nomogrammes valent pour des quantités plus ou moins grandes de liquide déversé, dans la mesure où l'on utilise le même multiplicateur pour les différentes valeurs.

Migration dans du sable grossier (température de 20 °C)

Valeurs données par le nomogramme	Multiplicateur	Nouvelles valeurs
Charge volumétrique = 0,4 m^3/m^2	0,1	0,04 m^3/m^2
Temps de migration = 41 mn	0,1	4,1 mn
Profondeur = 23 m	0,1	2,3 m

5.5.3 **Exemple de calcul.** – Vingt tonnes d'éthylbenzène se sont répandues sur un sol de sable grossier. La température est de 20 °C. La nappe a un rayon de 8,6 m. Calculer la profondeur et le temps de migration et évaluer la perte par évaporation.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse de liquide déversée = 20 000 kg (20 tonnes)

Température = 20 °C

Masse volumique $\rho = 865$ kg/m^3

Rayon r = 8,6 m

Étape 2 Calculer le volume de liquide déversé et la superficie de la nappe.

$$\text{Volume} = \frac{\text{Masse}}{\rho} = \frac{2 \times 10^4 \text{ kg}}{865 \text{ kg/m}^3} = 23{,}1 \text{ m}^3$$

$$\text{Superficie} = \pi r^2 = 232 \text{ m}^2$$

Étape 3 Calculer la charge volumétrique.

$$\text{Charge volumétrique} = \frac{\text{Volume}}{\text{superficie}} = \frac{23{,}1 \text{ m}^3}{232 \text{ m}^2} = 0{,}1 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

(suite, p. 47)

Figure 25

ÉTHYLBENZÈNE

PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES

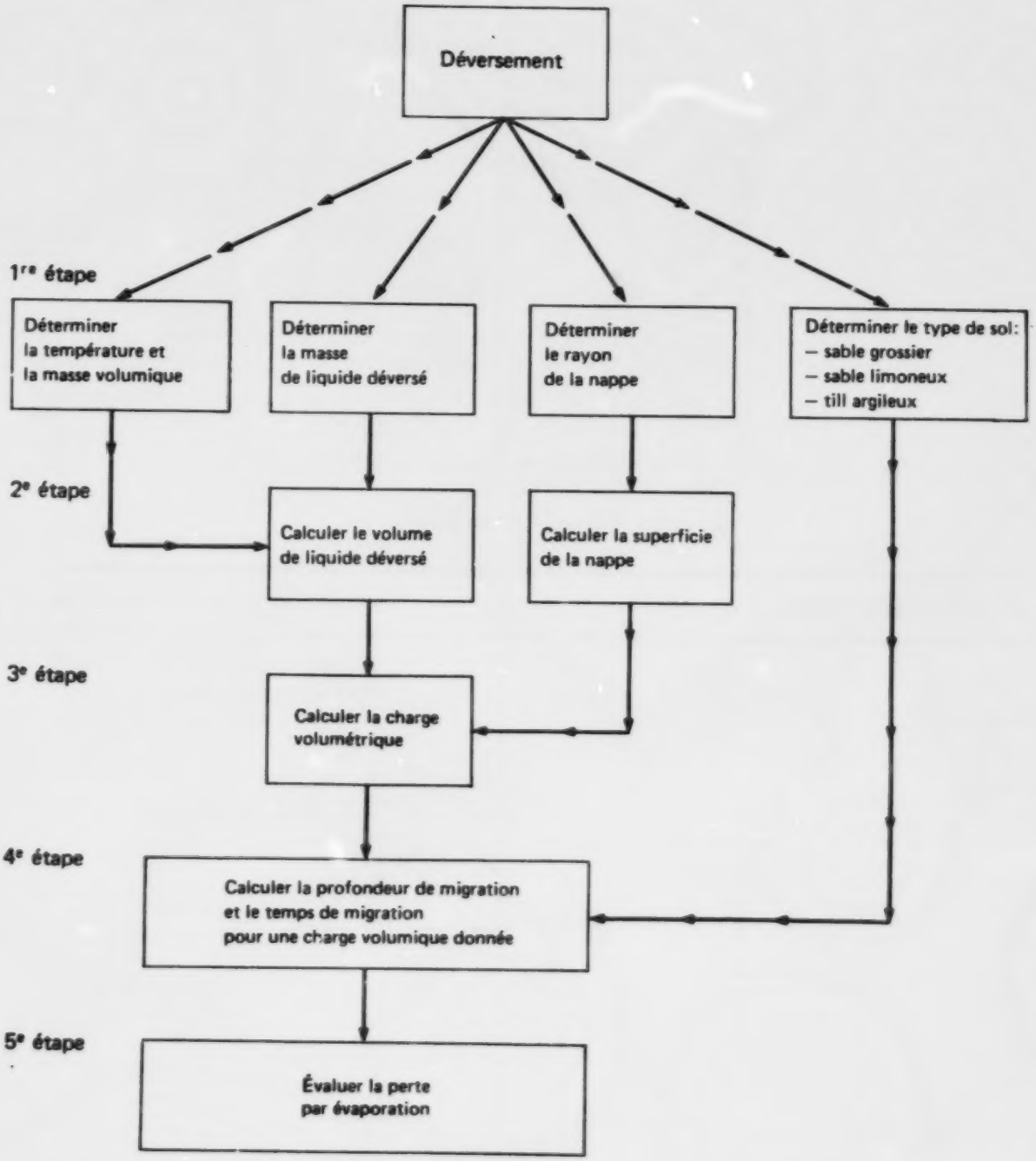


Figure 26

ÉTHYLBENZÈNE — MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER

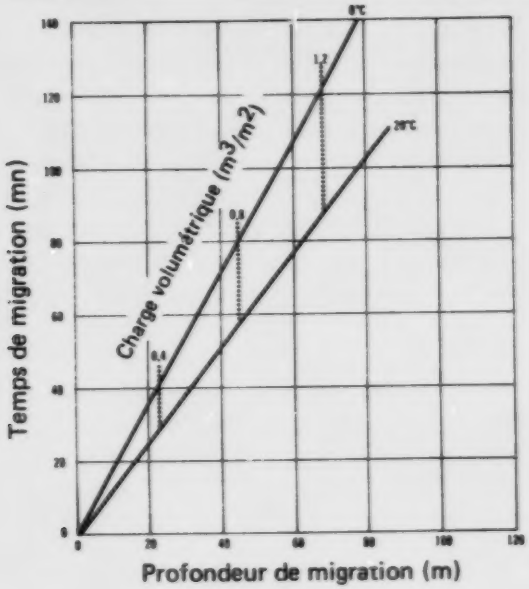


Figure 27

ÉTHYLBENZÈNE — MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

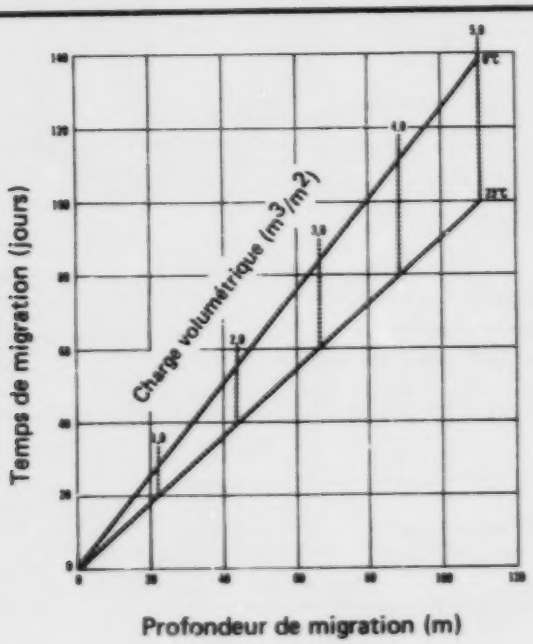
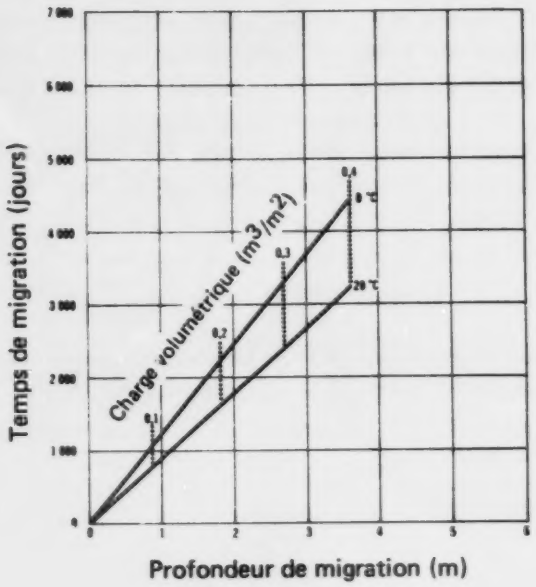


Figure 28

ÉTHYLBENZÈNE **MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX**



Étape 4 Évaluer la profondeur et le temps de migration.
Charge volumique (sable grossier) = 0,1 m^3/m^2
Profondeur = 6 m
Temps = 7 mn

Étape 5 Évaluer la perte par évaporation en utilisant la figure 13.
Comme r = 8,6 m à 20 °C, q = 70 g/s ou 7 x 10^{-2} kg/s.
Perte = q x temps de migration = 7 x 10^{-2} kg/s x 7 mn x 60 s/mn = 29,4 kg.

6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

6.1.1 Eau potable. – Au Canada, la teneur de l'eau potable en éthylbenzène n'est pas encore réglementée. Aux États-Unis, on recommande une teneur maximale de 0,25 mg/l pour éviter la contamination des poissons et des autres organismes aquatiques (WQC, 1972).

En U.R.S.S. on s'est basé sur le goût et l'odeur de l'eau pour déterminer la teneur maximale en éthylbenzène dans un réservoir d'eau et la limite imposée est de 0,1 mg/l (WQCDB-1, 1970).

6.1.2 Air. – En Ontario, la teneur maximale dans l'air a été fixée à 4000 $\mu g/m^3$ (Ontario E.P.Act, 1971). On a évalué la présence de l'éthylbenzène dans l'atmosphère à 44 ($\mu g/m^3$ approximativement (PTP, 1980).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux U.S.A. – La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) correspondant à des teneurs variant entre 10 et 100 ppm (RTEC, 1979).

6.2.2 Mesure de la toxicité

6.2.2.1 Toxicité en eau douce

Toxicité pour les poissons

Teneur (mg/l)	Durée (heures)	Espèce	Résultat	Eau	Source
0,44		Tête-de-boule, embryon et larves	Apparition d'effets chroniques		Fed. Reg., 1981
88	96	Crapet arlequin	Teneur létale 50	17 °C	Johnson, 1980
210	96	Barbue de rivière	Teneur létale 50	22 °C	Johnson, 1980
14	96	Truite arc-en-ciel	Teneur létale 50	12 °C	Johnson, 1980
4,3	96	Bar rayé	Teneur létale 50		TMAE, 1978
32	48 à 96	Crapet arlequin	TLm	douce, 25 °C	Middlebrooks, 1973
94	24 à 96	Poisson doré	TLm	dure, 25 °C	Middlebrooks, 1973
29	96	Crapet arlequin	TLm		Pickering, 1966
40	96	Ventre-pourri	TLm		Pickering, 1966
73	96	Poisson doré	TLm		Pickering, 1966
78	96	Guppy	TLm		Pickering, 1966
50	24	Jeune saumon coho	Taux de mortalité de 100 p. 100	Eau de mer artificielle, 8 °C	Verschueren, 1977

Toxicité pour les invertébrés

Teneur (mg/l)	Durée (heures)	Espèce	Résultat	Eau	Source
0,5	96	*C. Franciscorum*	Teneur létale 50		TMAE, 1978
13	96	*C. magister* (larve, 1er stade)	Teneur létale 50		TMAE, 1978

Toxicité pour les micro-organismes

Seuil de toxicité (mg/l)	Durée (heures)	Espèce	Résultat	Eau	Source
> 100	non indiqué	Bactérie hétérotrophe	Croissance retardée		EPA-560/11-80-018
12	16	*Pseudomonas putida* (bactérie)	Toxique; inhibe la multiplication des cellules	Eau bidistillée, 25 °C	Bringmann, 1980
> 160	7 jours	*Scenedesmus quadricauda* (algue verte)	Effet toxique non mentionné	Eau bidistillée, 27 °C humidité relative	Bringmann, 1980
140	72	*Entosiphon sulcatum* (protozoaire)	Effet toxique non mentionné	Eau bidistillée, 25 °C	Bringmann, 1980
33	non mentionné	*Microcystis aeruginosa* (algue)	Toxique; inhibe la multiplication des cellules		Verschueren, 1977

Toxicité pour la microfaune

Teneur (mg/l)	Durée (heures)	Espèce	Résultat	Eau	Source
75	48	*Daphnia magna*	T.E. 50		AWQC, 1980

6.2.2.2 Toxicité en eau salée

Toxicité pour les poissons

Teneur (mg/l)	Durée (heures)	Espèce	Résultat	Eau	Source
0,43	96	Bar rayé	Teneur létale 50		AWQC, 1980
275	96	Spare Tête-de-mouton	Teneur létale 50		AWQC, 1980

Toxicité pour les micro-organismes

Teneur (mg/l)	Durée (heures)	Espèce	Résultat	Eau	Source
> 438	96	*Skeletonema coastatum* (diatomée)	T.E. 50 aucun effet sur le nombre de cellules ou la production de chlorophylle		AWQC, 1980

Toxicité pour les invertébrés

Teneur (mb/l)	Durée (heures)	Espèce	Résultat	Eau	Source
87,6	96	Mysidacés	Teneur létale 50		AWQC, 1980
3,7	96	*Crangon franciscorum*	Teneur létale 50		AWQC, 1980
1030	96	*Crassostrea gigas*	Teneur létale 50		AWQC, 1980
10,2 à 17,3	24	*Palaemonetes vulgaris*	Teneur létale 50 aucun effet important sur les larves et les adultes	19 - 20 °C 15 et 20 ppt de salinité	AWQC, 1980
16	24	*Nitrocra spinipes*	Teneur létale 50	15 et 25 ppt de salinité	AWQC, 1980

6.2.3 Études sur le milieu aquatique. – Pour la plupart des organismes vivant en eau douce, la toxicité aiguë de l'éthylbenzène correspond à des teneurs de 32 mg/l seulement et elle est même plus faible chez quelques espèces plus vulnérables (AWQC, 1980). En eau salée, la toxicité aiguë correspond à des teneurs de 0,43 mg/l seulement et elle est encore plus faible chez les espèces plus vulnérables que celles qu'on a testées (AWQC, 1980).

6.3 Autre toxicité dans l'air et sur terre

L'éthylbenzène est présent dans l'eau potable et dans l'atmosphère. Il provient, entre autres sources, du pétrole et de ses sous-produits, des gaz d'échappement des automobiles et de la fumée de cigarette (AWQC, 1980). D'après des données tirées d'études faites en Suisse, en Allemagne, au Japon et sur la côte ouest des États-Unis, l'éthylbenzène est beaucoup plus abondant dans l'atmosphère que le styrène (EPA-560/11-80-018).

6.4 Études sur les effets toxiques

L'éthylbenzène présent dans les effluents industriels et dans l'environnement aquatique peut se fixer aux sédiments et menacer ainsi les organismes benthiques qui y seront exposés (Fed. Reg., 1981).

6.5 Dégradation du polluant

6.5.1 Demande biochimique en oxygène

DBO % théorique	Teneur (ppm)	Durée	Milieu	Méthode	Source
< 50	19 à 25 mg/l	35 j	Eau de la rivière Ohio	Formation CO_2	EPA-560/11-80-018
2,8		5 j	Boues activées	Lit de boues activées, sans agitation	Ryerman, 1966
8,2		0,25 j	Boues activées	Station d'épuration	Ryerman, 1966
27	500	12 h	Boues adaptées aux phénols		McKinney, 1966

6.5.2 Demande chimique en oxygène. – La D.C.O. s'élève à 0,89 kg/kg (EPA-12020).

6.5.3 Dégradation biologique. – Dans plusieurs études, on a tenté de déterminer les mécanismes du métabolisme microbien de l'éthylbenzène en utilisant des cultures bactériennes pures. En général, l'oxydation peut se produire sur le noyau benzénique et sur la chaîne (éthyle) latérale (EPA-560/11-80-018).

6.5.4 Dégradation chimique. – L'éthylbenzène est moins réactif que le styrène en présence de smog. On ne prévoit pas qu'il s'hydrolyse dans l'environnement (EPA-560/11-80-018).

6.5.5 Autres études. – L'éthylbenzène est assez résistant aux cultures de boues non acclimatées (OHM-TADS, 1981). En cas de déversement accidentel, on ne prévoit pas qu'une déficience en oxygène se produise (EPA-440/9-75-009).

La demi-vie de l'éthylbenzène disparaissant de l'eau par évaporation (mesurée à 1 m de profondeur) est de 7,5 heures (EPA-560/11-80-018).

6.6 Devenir et effets à long terme

Une nappe d'éthylbenzène constitue un risque immédiat pour les oiseaux aquatiques et les animaux marins (OHM-TADS, 1981). Des teneurs de 0,25 ppm seulement peuvent modifier le goût de la chair des poissons et des autres animaux aquatiques (Verschueren, 1977). Aucune donnée ne permet de croire qu'il y ait bioconcentration chez les animaux aquatiques (EPA-560/11-80-018).

7 EFFETS SUR LA SANTÉ

On trouve, dans ce qui a été publié à ce jour, une quantité considérable d'information sur les effets toxiques de l'éthylbenzène inhalé par des animaux de laboratoire, mais les effets sur la physiologie de l'homme n'ont pas été étudiés. On ne trouve pas non plus de descriptions de cas d'empoisonnement à l'éthylbenzène. On ne possède aucune information sur les effets de l'exposition à l'éthylbenzène sur la reproduction ni sur son pouvoir mutagène ou carcinogène.

Depuis 1976, on n'a rapporté qu'un seul projet de recherche sur la toxicité de l'éthylbenzène dans TOX TIPS (résumé des recherches en cours) qui portait sur la toxicité en milieu aquatique. Cependant, on a déjà choisi l'éthylbenzène pour un test biologique sur le pouvoir carcinogène, car aux États-Unis le volume de production de l'éthylbenzène est très élevé. (U.S. DHEW – Carcinogen Report, 1980). On a récemment étudié les publications portant sur la toxicité de l'éthylbenzène (EPA-560/11-80-018 et NRC, 1981). Les données résumées ici rendent compte de l'information déjà publiée.

Ces données sont extraites de sources dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée à de faibles teneurs, de sorte qu'elles ne peuvent pas toujours s'appliquer directement dans les cas de déversements. Les données sur l'exposition de courte durée sont indiquées pour des espèces mammifères autres que l'homme, dans le but d'étayer l'interprétation des données relatives à l'homme lorsque cela est approprié.

7.1 Normes d'exposition recommandées

Les normes d'exposition à l'éthylbenzène sont établies en fonction de ses propriétés irritantes. Les directives des provinces, au Canada, sont généralement semblables à celles qui existent aux États-Unis (ACGIH), à moins d'indication contraire.

Normes d'exposition recommandées

Directive (temps)	Pays	Teneur recommandée	Source
		Moyenne pondérée en fonction du temps	
TLV®(8 h)	USA-ACGIH	100 ppm (435 mg/m^3)	TLV, 1981
PEL	USA-OSHA	100 ppm (435 mg/m^3)	GE, 1978
Seuil d'intervention	USA-OSHA	50 ppm (217 mg/m^3)	GE, 1978
MIK (24 h)	URSS	0,005 ppm (0,02 mg/m^3)	Verschueren, 1977
MAK	Pologne	25 ppm	Doc. TLV, 1980
MAK	Tchécos.	45 ppm	Doc. TLV, 1980
		Limites d'exposition de courte durée	
STEL (15 mn)	USA-ACGIH	125 ppm (545 mg/m^3)	TLV, 1981
Plafond (15 mn)	USA-OSHA	200 ppm (870 mg/m^3)	USDHEW, 1977
Pic (5 mn)	USA-OSHA	6000 ppm (26 100 mg/m^3)	USDHEW, 1977
MIK	URSS	0,055 ppm (0,02 mg/m^3)	Verschueren, 1977

Autres aspects de la toxicité pour l'homme

IDLH	USA-NIOSH	2000 ppm (8700 mg/m^3)	NIOSH Guide, 1978
Teneur létal min.		(aucune donnée)	
Dose létale min.		(aucune donnée)	
Teneur toxique min. (8 h)		100 ppm (435 mg/m^3)	RTECS (on-line), 1981

Indice de toxicité par inhalation. – L'indice de toxicité par inhalation (I.T.I.) représente une mesure de la capacité d'une substance à produire un effet nocif à la suite d'une inhalation. On l'exprime de la façon suivante:

I.T.I. = 1315,12 (tension de vapeur en mm Hg)
à 20 °C, I.T.I. = 131,58
à - 20 °C, I.T.I. = 10,53

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
10 p. 100 dans l'huile minérale (test percutané de 48 h)	Aucune irritation; aucune sensibilisation	Opdyke, 1974. Dans EPA-560/ 11-80-018
Non dilué	Taux d'absorption (n = 7): 22 à 33 mg/cm^2/h ou 55 fois celui du benzène	Dutkiewicz
112 à 156 mg/l (aq)	Taux d'absorption (n = 14): 0,11 à 0,21 mg/cm^2/h Absorption par les mains dans une solution saturée pendant 2 heures, ou dans une solution non diluée pendant 1 heure = 8 heures d'exposition à 25 ppm	Dutkiewicz
• CHEZ LE LAPIN		
5 g/kg	Dose létale 50	RTECS, 1979
17,05 (14 j)	Dose létale 50	OHM-TADS, 1981
17,8 ml/kg (une seule pénétration cutanée)	Dose létale 50	Smyth, 1962. Dans EPA-560/11-80-018
15 mg (24 h)	Érythème	RTECS, 1979
Application d'un tampon d'ouate (10 à 20 fois)	Érythème; couche de tissu dévitalisé	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
Écouvillonnage de l'abdomen	Irritation modérée	Smyth, 1962. Dans EPA-560/11-80-018
Écouvillonnage d'une peau intacte ou abrasée (occlusion durant 24 h)	Irritation modérée	Opdyke, 1975

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
5000 ppm	Irritation intolérable des yeux et du nez	Yant, 1930. Dans Proctor, 1978
2000 ppm	Sécrétion lacrymale; irritation nasale	Yant, 1930. Dans Proctor, 1978
1000 ppm	Irritation des yeux; apparition d'une tolérance	Yant, 1930. Dans Proctor, 1978
200 ppm	Dose toxique minimale	OHM-TADS, 1981
• CHEZ LE COBAYE		
1000 ppm	Irritation des yeux	Yant, 1930. Dans Proctor, 1978
• CHEZ LE LAPIN		
100 mg (une seule application)	Légère conjonctivite, cornée non endommagée	RTECS, 1979

7.3 Seuils de perception des caractères organoleptiques

7.3.1 Odeur

Paramètre	Milieu	Teneur	Source
Seuil olfactif	Eau	140 ppm	ASTM, 1980
	Eau	0,2 mg/l	ASTM, 1980
Seuil inférieur	Air	0,25 ppm	OHM-TADS, 1981

7.3.2 Goût

Paramètre	Milieu	Teneur	Source
Seuil gustatif	Eau	0,1 mg/l	ASTM, 1980
	Eau	0,25 ppm	OHM-TADS, 1981

7.4 Études à long terme

7.4.1 Inhalation

Exposition	Effets	Source
A. – Exposition de courte durée		
• CHEZ L'HOMME		
1000 à 5000 ppm	Sécrétion lacrymale; étourdissements; système nerveux central affecté	Patty, 1981
100 ppm (8 h)	Teneur toxique minimale; irritation	RTECS, 1979

Exposition	Effets	Source
85 ppm	Irritation; fatigue; maux de tête	Patty, 1981
23 à 85 ppm (8 h)	Excrété dans l'urine sous forme d'acide mandélique (64 p. 100). Valeur suggérée comme TLV biologique	Bardodej, 1970
	B. – Exposition de longue durée	
• CHEZ LE SINGE RHÉSUS		
600 ppm (130 x 7 h d'exposition en 186 j)	Léger changement histopathologique des testicules; augmentation de la masse du foie	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
400 ppm (130 x 7 h d'exposition en 186 j)	Aucun effet	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
• CHEZ LE COBAYE		
1250 ppm (138 x 7 h d'exposition en 214 j)	Léger ralentissement de la croissance	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
600 ppm (130 x 7 h d'exposition en 186 j)	Légère augmentation de la masse du foie	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
400 ppm (130 x 7 h d'exposition en 186 j)	Aucun effet	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
• CHEZ LE LAPIN		
1250 ppm (138 x 7 h d'exposition en 214 j)	Non mentionné	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
600 ppm (130 x 7 h d'exposition en 186 j)	Léger changement histopathologique des testicules	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
400 ppm (130 x 7 h d'exposition en 186 j)	Aucun effet	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
230 ppm (4 h par jour pendant 7 mois)	Changements dans la chronaxie musculaire; inhibition de la cholinestérase sanguine; diminution du taux d'albumine plasmatique; augmentation de la globuline plasmatique; leucocytose; changements dystrophiques dans le foie, les reins (qui pourraient affecter l'hématopoïèse, mais dont l'importance chimique n'est pas encore déterminée)	Ivanov, 1964. Dans EPA-560/11-80-018
• CHEZ LE RAT		
2200 ppm (103 x 7 h d'exposition en 144 j)	Augmentation modérée de la masse des reins; ralentissement de la croissance	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
1250 ppm (138 x 7 h d'exposition en 214 j)	Légère augmentation de la masse des reins et du foie et changement histopathologique; léger ralentissement de la croissance	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981

Exposition	Effets	Source
600 ppm (130 x 7 h d'exposition en 180 j)	Légère augmentation de la masse des reins et du foie	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
400 ppm (130 x 7 h d'exposition en 186 j)	Légère augmentation de la masse des reins et du foie	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
Vapeurs saturées (1 h)	Teneur létale	OHM-TADS, 1981
34 à 41 ppm (et 56 à 68 ppm de xylène)	L'éthylbenzène empêchait l'oxydation du noyau aromatique des xylènes	Angerer, 1979
Exposition sur les lieux de travail; ouvriers travaillant en présence de styrène	3 jours après la fin de l'exposition, on pouvait déceler de l'éthylbenzène dans la graisse du tissu sous-cutané. Persistance supérieure à celle du styrène	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981
• CHEZ UNE ESPÈCE NON PRÉCISÉE		
10 000 ppm (18 mn)	Vertige; déséquilibre; ataxie; perte de conscience	Browning. Dans TDB (on-line), 1981
2000 ppm (375 mn)	Ataxie; perte de conscience	Browning. Dans TDB (on-line), 1981
• CHEZ LE COBAYE		
10 000 ppm	Teneur létale minimale	RTECS, 1979
10 000 ppm	Mort en 2 à 3 heures	Yant, 1930. Dans Proctor, 1978
5000 ppm	Mort après 8 heures	Yant, 1930. Dans Proctor, 1978
• CHEZ LE LAPIN		
99 ppm	Teneur toxique minimale (1 à 8 j de gestation)	RTECS (on-line), 1981
• CHEZ LE RAT		
16 122 à 17 273 ppm (2 h)	Teneur létale 100	Ivanov, 1962. Dans EPA-560/11-80-018
13 367 ppm (2 h)	Teneur létale 50	Ivanov, 1962. Dans EPA-560/11-80-018
4000 ppm (4 h)	Teneur létale 50	Smyth, 1962. Dans EPA-560/11-80-018
4000 ppm	Teneur létale minimale	RTECS, 1979
985 ppm (7 h)	Teneur toxique minimale (1 à 19 j de gestation)	RTECS, (on-line), 1981
97 ppm (7 h)	Teneur toxique minimale (15 j de gestation)	RTECS (on-line), 1981
96 ppm (7 h)	Teneur toxique minimale (1 à 19 j de gestation)	RTECS (on-line), 1981
• CHEZ LA SOURIS		
11 500 ppm	Mort	Patty. Dans TDB (on-line), 1981
2300 à 3500 ppm	Teneur minimale provoquant la prostration	Patty. Dans TDB (on-line), 1981

7.4.2 Ingestion

Exposition	Effets	Source
	A. – Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
5 g/kg	Dose létale 50	Dreisbach, 1980
• CHEZ LE RAT		
6 g/kg	Dose létale 100	Faustav, 1960. Dans EPA-560/11-80-018
4,94 g/kg	Dose létale 50	Smyth, 1962. Dans EPA-560/11-80-018
5,64 ml/kg	Dose létale 50	EPA-560/11-80-018
3,5 g/kg	Dose létale 50 (n = 57)	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981 EPA-560/11-80-018
0,25 ml	Aspiration dans les poumons; stimulation du système nerveux central; arrêt cardiaque; paralysie respiratoire; mort	Wolf, 1956. Dans NRC, 1981 Gerarde, 1963. Dans EPA-550/11-80-018
	B. – Exposition de longue durée	
• CHEZ LE RAT		
680 mg/kg/j (130 j sur 182 j)	Légère augmentation de la masse du foie et des reins; légers effets histopathologiques	Wolf, 1956. Dans EPA-560/11-80-018
408 mg/kg/j (130 j sur 182 j)	Légère augmentation de la masse du foie et des reins; légers effets histopathologiques	Wolf, 1956. Dans EPA-560/11-80-018
136 mg/kg/j (130 j sur 182 j)	Aucun effet	Wolf, 1956. Dans EPA-560/11-80-018
5231 (14 j) (unités non mentionnées)	Dose létale 50	OHM-TADS, 1981

7.4.3 Tératogénicité

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
1000 ppm	Teneur toxique minimale	OHM-TADS, 1981
• CHEZ LE RAT		
5000 mg/kg	Dose létale 50	OHM-TADS, 1981

7.5 Symptômes d'intoxication

Les symptômes et les troubles de nature courante mentionnés dans la plupart des sources de renseignements ne sont pas accompagnés de références précises. Les références sont fournies seulement dans le cas des symptômes ou troubles d'une nature particulière ou inhabituelle.

7.5.1 Inhalation

1. Irritation des muqueuses: nez, yeux, gorge.
2. Sécrétion lacrymale.
3. Serrements de poitrine (ITII, 1981; Sax, 1979).
4. Étourdissements; vertige; ataxie (Doc. TLV, 1980; Proctor, 1978).
5. Mal de tête (GE, 1978).
6. Inflammation de la muqueuse supérieure des voies respiratoires (Ency. OHS, 1971. Dans TDB (on-line), 1981).
7. Dépression du système nerveux central; narcose.
8. Crampes (USDHEW, 1977).
9. Hépatite toxique (Ency. OHS, 1971. Dans TDB (on-line), 1981).
10. Désordres hématologiques: leucopénie et lymphocytose. (Ency. OHS, 1971. Dans TDB (on-line), 1981).
11. Coma.
12. Mort due à une paralysie des centres respiratoires (Sax, 1979; USDHEW, 1977).
13. Découvertes en pathologie: congestion du cerveau et des poumons accompagnée d'oedème (Sax, 1979); focalisation de la nécrose épithéliale dans les tubules rénaux et dystrophie hépatique (Ency. OHS, 1971. Dans TDB (on-line), 1981).

7.5.2 Ingestion

1. Irritation de l'appareil gastro-intestinal (Dreisbach, 1980).
2. Troubles du système nerveux central (Dreisbach, 1980).

7.5.3 Contact cutané

1. Irritation. Délipidation de la peau.
2. Érythème et inflammation (Sax, 1979).
3. Un contact répété ou prolongé cause des dermatites squameuses.

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation.
2. Conjonctivite (Haley, 1981; Proctor, 1978).

7.6 Toxicité des produits de décomposition ou de combustion pour l'homme

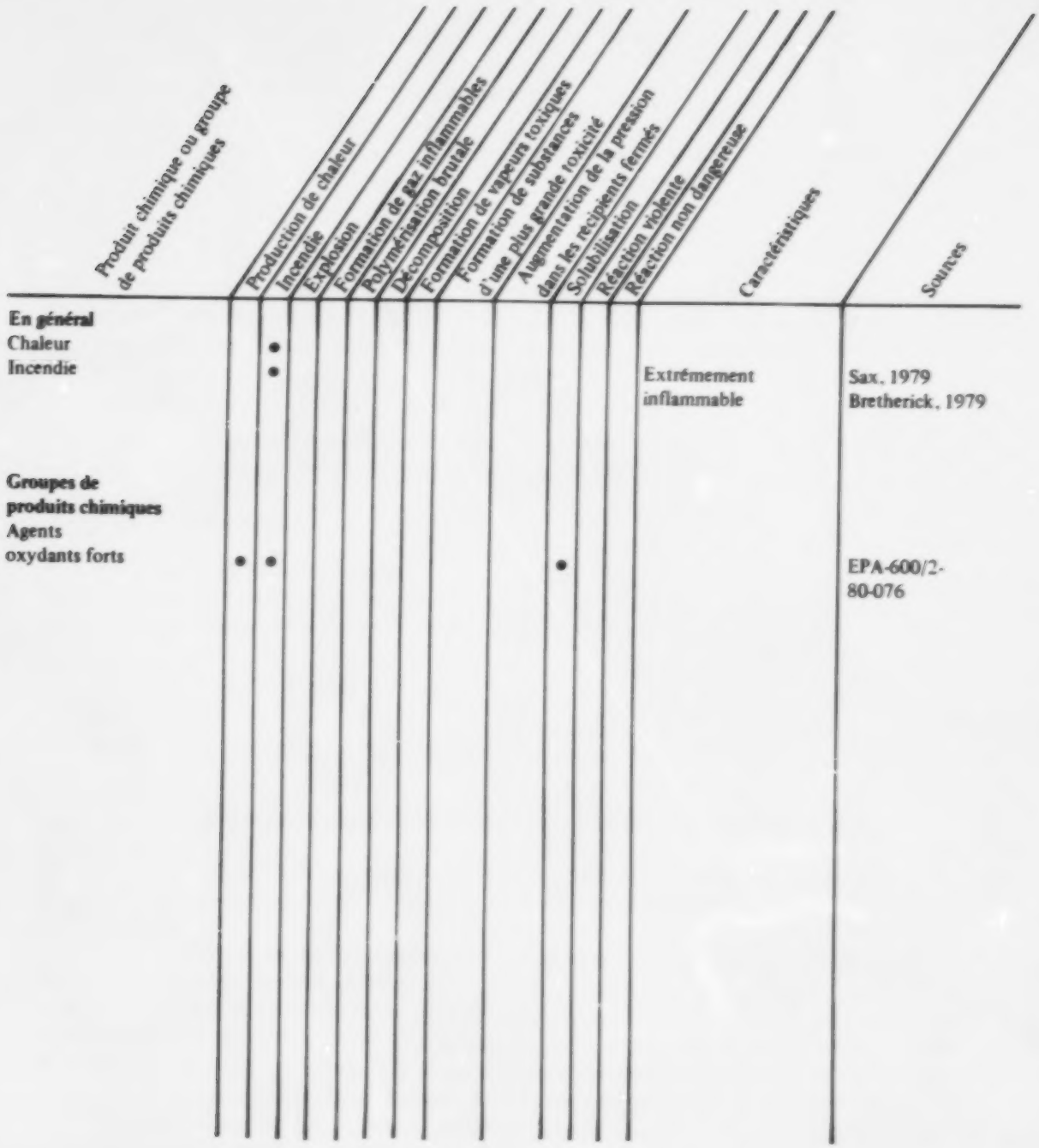
Les produits de combustion de l'éthylbenzène sont l'eau et le dioxyde de carbone (voir 2.3) ou le monoxyde de carbone dans des atmosphères pauvres en oxygène.

7.6.1 **Monoxyde de carbone et dioxyde de carbone.** – Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, presque inodore, asphyxiant. Il provoque une hypoxie en formant un complexe avec l'hémoglobine et en réduisant le pouvoir oxyphorique du sang. Une trop forte exposition provoque la mort par asphyxie. Des expositions moins fortes peuvent donner des maux de tête et altérer les fonctions psychiques. Les effets d'expositions modérées sont réversibles, bien qu'il faille un temps considérable pour inverser la réaction de formation du complexe monoxyde de carbo-hémoglobine. La TLV® dans le cas du monoxyde de carbone est de 50 ppm (8 h: MPT) et le STEL, de 400 ppm (Doc. TLV, 1980).

Le dioxyde de carbone est un gaz incolore, inodore, qui à des teneurs élevées peut avoir des effets narcotiques doux, stimuler la respiration et provoquer l'asphyxie. La TLV® est de 5000 ppm (8 h: MPT) et le STEL, de 15 000 ppm (Doc. TLV, 1980).

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre l'éthylbenzène et divers produits chimiques



9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation originale a même été respectée afin d'éviter toute déformation de sens. Ce faisant, il devenait impossible d'empêcher que n'apparaissent d'éventuels désaccords entre les sources. D'autre part, le lecteur notera que la mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 **Risques d'incendie.** – L'éthylbenzène est un liquide inflammable, pouvant former rapidement des mélanges explosifs avec l'air, en particulier lorsqu'il est chauffé. Les vapeurs peuvent se répandre le long des surfaces et atteindre des sources d'inflammation éloignées, puis donner lieu à un retour de flamme. La dégradation thermique oxydante du contenu peut produire des substances toxiques, tel le monoxyde de carbone (GE, 1978).

9.1.2 **Moyens d'extinction.** – Refroidir avec de l'eau pulvérisée les récipients touchés par le feu afin de diminuer le risque de rupture des parois. L'eau n'est pas toujours efficace pour éteindre le feu (NFPA, 1978; GE, 1978).
Petit feu: poudre sèche; CO_2; jet d'eau ou mousse d'alcool; sable; terre (CCPA, 1982)
Grand feu: eau pulvérisée ou mousse d'alcool de type AFFF ou ATC (CCPA, 1982)

Enlever les récipients du lieu de l'incendie si cela peut se faire sans risque. Rester à l'écart des extrémités des réservoirs. En cas d'incendie majeur sur les lieux mêmes où se trouve le chargement, utiliser des lances sur affût ou télécommandées (ERG, 1980). Le liquide déversé doit être recouvert d'une couche de mousse (les types AFFF et ATC sont recommandés; CCPA, 1982). Faute de mousse, on peut pulvériser un léger brouillard; un jet d'eau étalerait davantage la nappe (CCPA, 1982).

9.1.3 **Mesures d'intervention**

9.1.3.1 **Information générale.** – Faire cesser le déversement si cela ne présente aucun risque. Éliminer toutes les sources d'inflammation et de fumée. Utiliser des outils qui ne dégagent pas d'étincelle. Les récipients doivent être isolés et mis à la terre avant de procéder au transfert du liquide. On peut utiliser des bidons de sécurité dans le cas de petites quantités. Éviter tout contact avec la peau et éviter d'inhaler. Pulvériser de l'eau pour réduire la quantité de vapeurs (ERG, 1980). Une mousse à base de fluorocarbures et d'eau peut aussi servir à diminuer la quantité de vapeurs (EPA-670/2-75-042).

9.1.3.2 **Déversement sur le sol.** – Si possible, confiner la nappe et enlever le liquide en utilisant un équipement antidéflagrant. Éponger le résidu avec du sable, de la terre ou de la vermiculite, puis ramasser à la pelle et déposer le tout dans des récipients en métal munis d'un couvercle, qui permettront le transport jusqu'à un lieu ou les déchets seront traités (ERG, 1980; GE, 1978). S'il est possible de confiner la nappe, on doit la diriger vers un lieu où elle pourra demeurer quelque temps avant d'être enlevée (GE, 1978). On peut envisager l'épandage de cendres volantes ou de ciment pour absorber le gros du liquide. On peut aussi appliquer un gélifiant universel pour immobiliser la nappe (EPA-600/2-75-042).

9.1.3.3 Déversement sur l'eau. – Dans la mesure du possible, confiner la nappe au moyen de barrages flottants ou d'obstacles naturels pour éviter qu'elle ne s'étende. Utiliser des agents tensio-actifs pour refouler et épaissir la matière déversée. Enlever le liquide piégé à l'aide de boyaux d'aspiration (EPA-670/2-75-042).

9.1.4 Nettoyage et traitement

9.1.4.1 Déversement sur le sol. – Une fois que la nappe a été confinée en un lieu, on peut utiliser des appareils d'écrémage (également dits d'écumage) conçus pour enlever le pétrole ou encore des mousses sorbantes (polyuréthane) pour enlever la nappe (OHM-TADS, 1981). On recommande l'épandange de charbon actif sur la portion dissoute (EPA-670/2-75-042). Éviter tout sorbant combustible (CCPA, 1982).

9.1.4.2 Déversement dans l'eau. – Une fois qu'elle a été confinée, la nappe peut être enlevée avec des appareils d'écrémage (pour pétrole) et/ou de la mousse sorbante (polyuréthane) (OHM-TADS, 1981). On peut aussi employer un gélifiant universel pour solidifier la nappe piégée. On peut épandre du charbon actif sur la portion dissoute. On utilisera des dragues mécaniques ou des appareils de levage pour enlever la nappe de polluant immobilisée, avant de procéder à l'élimination (EPA-670/2-75-042).

9.1.4.3 Information générale. – Pour épurer l'eau polluée, on recommande de séparer par gravité les solides, puis d'écrémer la surface pour enlever la substance déversée. Si l'écrémage est insuffisant, on préconise une double filtration suivie d'adsorption sur charbon. La proportion recommandée de charbon est de 1 kg pour 10 kg de matière soluble (EPA-600/2-77-227). Les techniques d'épuration suivantes peuvent être utilisées:

Technique	% d'élimination (TSA, 1980)	Procédé	% maximal d'élimination (EPA-600/ 8-80-042E)
Épuration biologique	90 à 100	Clarification/sédimentation	64
Coagulation/précipitation	56	Clarification/sédimentation avec addition de produits chimiques (alun, polymère)	>94
Stripping	80 à 93	Clarification/sédimentation avec addition d'un produit chimique (polymère)	81
Extraction par solvant	97	Clarification/sédimentation avec addition de produits chimiques (alun, chaux)	>96
Adsorption sur charbon	50 à 84	Flottation gazeuse (flottation par air dissous)	>99
		Flottation gazeuse avec addition de produits chimiques (polymère, chlorure de calcium)	>99
		Flottation gazeuse avec addition d'un produit chimique (polymère)	65

Filtration sur milieu granulaire	>99
Boues activées	>99
Étang aéré	>94
Extraction par solvant	97
Addition de charbon en poudre (avec boues activées)	84

9.1.5 Données sur la filtration au charbon (EPA-600/8-80-023). – Les valeurs suivantes recommandées pour enlever l'éthylbenzène de l'eau par filtration sur charbon en poudre en une seule étape ou par adsorption sur une colonne de charbon en grains ont été obtenues à partir de la formule d'adsorption de Freundlich. On a traité de la dérivation de la formule dans le Manuel d'introduction. La valeur des paramètres de Freundlich utilisés sont $K = 53; \frac{1}{n} = 0,79$.

Filtration sur charbon en poudre; système en une seule étape

Teneur initiale (mg/l)	Dose de charbon (mg/l)	Teneur finale (mg/l)
1,0	110	0,1
1,0	710	0,01
1,0	4 400	0,001
0,1	65	0,1
0,1	440	0,001
0,01	40	0,001

Adsorption sur colonne de charbon en grains (estimation)

Teneur initiale (mg/l)	Dose* nécessaire de charbon (mg/l)
1,0	19
0,1	12
0,01	7,2

* Ces doses de charbon furent obtenues pour de l'eau à pH neutre.

9.1.6 Élimination du polluant. – Il ne faut jamais rejeter directement de l'éthylbenzène dans les égouts ou les eaux superficielles. On peut brûler le produit dans des incinérateurs approuvés (GE, 1978). L'incinération peut être facilitée par l'addition d'un solvant inflammable supplémentaire (OHM-TADS, 1981). Une fois le traitement terminé, sur les lieux mêmes du déversement où dans une installation de traitement des déchets, on peut transporter les boues résiduaires dans une aire de décharge sûre.

9.1.7 Appareils et vêtements de protection. – Avant d'entrer dans une zone où ni la matière déversée ni ses propriétés ne sont connues, il est essentiel de se munir d'un appareil respiratoire autonome et de revêtir une combinaison entièrement étanche aux produits chimiques. Si la matière déversée est de l'éthylbenzène, il faut: a) fournir au personnel d'intervention des vêtements imperméables, des gants des visières (au minimum de 8 po) et tout autre vêtement de protection nécessaire pour prévenir un contact répété ou prolongé de la peau avec

l'éthylbenzène liquide (NIOSH/OSHA, 1981); b) remiser immédiatement tous les vêtements imprégnés d'éthylbenzène liquide et ne pas les porter avant que le produit en ait été extrait (NIOSH/OSHA, 1981); c) fournir au personnel, qui devra les porter, des lunettes de sécurité anti-éclaboussures s'il y a risque de contact avec les yeux (NIOSH/OSH, 1978). On recommande de porter aussi des lunettes de sécurité dans les cas où il y a possibilité d'éclaboussures (GE, 1981). Enfin, voici une liste des éléments minimaux de protection des voies respiratoires recommandés pour le personnel travaillant en présence d'éthylbenzène (NIOSH/OSHA, 1981).

Protection minimale des voies respiratoires* (Teneurs en vapeurs de plus de 100 ppm)

1 000 ppm ou moins	Masque complet** muni d'une cartouche de produits chimiques anti-vapeurs organiques.
2 000 ppm ou moins	Masque à gaz avec dispositif anti-vapeurs organiques monté sous le menton ou monté à l'avant ou à l'arrière de la tête. Appareil respiratoire à adduction d'air, muni d'un masque complet, d'un casque de type anti-feu ou d'une cagoule. Tout appareil respiratoire autonome munie d'un masque complet.
Teneur supérieure à 2 000 ppm ou teneur inconnue	Tout appareil respiratoire autonome muni d'un masque complet et fonctionnant à pression réglable ou à tout autre mode de surpression. Ensemble comprenant un appareil à adduction d'air de type C avec masque complet fonctionnant à pression réglable, à tout autre mode de surpression ou à débit constant et un appareil respiratoire auxiliaire autonome fonctionnant à pression réglable ou à tout autre mode de surpression.
Lutte contre l'incendie	Appareil respiratoire autonome avec masque complet fonctionnant à pression réglable ou à tout autre mode de surpression.
Évacuation	Tout masque à gaz protégeant contre les vapeurs organiques. Tout appareil respiratoire autonome permettant d'évacuer les lieux.

* Seuls les appareils approuvés par la NIOSH ou la OSHA doivent être utilisés.

9.1.8 **Précautions spéciales.** – Mettre le produit dans des récipients fermés hermétiquement et les placer dans un endroit frais, bien aéré, loin des oxydants, des acides et des bases fortes, de l'ammoniac, de la chaleur et des sources possibles d'inflammation (GE, 1978).

9.2 Équipement, produits ou systèmes spéciaux

Les articles suivants ont été relevés dans une étude antérieure (Dillon, 1982) et ne doivent pas être considérés comme les seuls équipements, produits ou systèmes appropriés. On trouvera, dans l'étude citée, plus de détails sur les spécifications, l'efficacité et la possibilité de se procurer ces articles.

Enlèvement dans l'eau: gélifiant universel

Agent de nettoyage: Hazorb (sorbant)

10 CAS DE DÉVERSEMENTS ACCIDENTELS

10.1 Déversement accidentel dans une usine

Communication personnelle: S.P.E. fédéral et M.D.E. ontarien. – Au cours d'une opération de manutention dans une usine pétrochimique, on a laissé ouvert par inadvertance la vanne de vidange d'un réservoir d'éthylbenzène, ce qui a provoqué le déversement de 240 000 litres du produit dans un égout pluvial. On a évacué l'usine et on a construit une digue autour de l'exutoire de l'égout. En raison du risque d'explosion des vapeurs dans l'égout, on s'est vu dans l'obligation d'enlever la digue; 190 000 litres de produit se sont déversés dans un cours d'eau important.

Des «purgeurs de vapeurs» constitués de boyaux d'aspiration reliés à des citernes d'eau (absorbante) ont été branchés sur le tuyau d'égout aux endroits susceptibles d'être dangereux. Des soufflantes antidéflagrantes ont servi à chasser les vapeurs hors des zones dangereuses. Approximativement 48 000 litres de produit déversé ont été enlevés grâce à des camions à citerne sous-vide, puis brûlés dans un incinérateur voisin.

Des poissons morts ont été observés dans le cours d'eau. Une station de surveillance continue de l'eau, située à 600 m en aval du lieu de déversement, a signalé que l'éthylbenzène s'était rendu jusque-là.

Cet incident montre que les techniques de confinement sont insuffisantes en ce qui concerne la zone située entre l'exutoire d'un égout et le cours d'eau récepteur. Il fait ressortir également la nécessité de préparer des plans d'urgence pour parer à de telles éventualités.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DES POLLUANTS

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyses quantitatives)

11.1.1 Chromatographie en phase gazeuse (NIOSH, 1977). On peut doser l'éthylbenzène par chromatographie en phase gazeuse (CPG) lorsqu'il est présent dans l'air à des teneurs comprises entre 222 et 884 mg/m^3. C'est la technique la plus pratique pour identifier et mesurer de nombreux composés organiques volatils. On utilise les temps de rétention ou l'indice de Kovats pour identifier le composé, mais pour confirmer sa présence il faut utiliser plus d'une colonne, des détecteurs spéciaux, et il faut ensemencer (ou enrichir) l'échantillon avec le composé dont on soupçonne la présence ou combiner la CPG et la spectroscopie de masse.

On aspire un volume d'air connu au moyen d'un tube de prise d'échantillon en verre. La partie antérieure est remplie de 100 mg de charbon activé séparé de 50 mg de charbon dans la section postérieure par 2 mm de mousse d'uréthane. On recommande de prélever un échantillon d'air de 10 litres ou moins en présence d'une grande quantité d'éthylbenzène. La charge du tube ne devrait pas dépasser 16 mg. On désorbe l'échantillon avec 0,5 ml de disulfure de carbone. La désorption est efficace à 100 p. 100. On procède au dosage par CPG avec un détecteur à ionisation de flamme (DIF), une colonne garnie de 10 p. 100 FFAP sur Chromosorb W DMCS lavé à l'aide et à granulométrie de 80/100. En présence d'un taux d'humidité élevé, la condensation de vapeur d'eau réduit l'efficacité d'adsorption du charbon et la teneur en éthylbenzène peut sembler plus faible qu'elle ne l'est réellement. La perte d'une partie de l'échantillon causée par la surcharge de la colonne de charbon peut aussi donner des résultats plus faibles. Cette technique est avantageuse dans le cas du déversement de plus d'une substance; on peut alors doser simultanément deux substances ou plus.

Dans certaines circonstances, il peut être utile d'utiliser d'autres techniques de prélèvement. On peut prélever l'échantillon d'air dans un récipient en verre pour l'analyser sur place ou le transporter à un laboratoire (Jones, 1976; IERL, 1976). Lorsqu'on utilise la CPG sur les lieux mêmes du déversement, on peut se servir d'une électrovanne d'échantillonnage. L'air extérieur

est injecté directement à travers une boucle d'échantillonnage de 1 cm^3 au moyen d'une pompe à diaphragme (Hester, 1979). Cette technique est utile dans le cas d'une surveillance continue.

Comme colonne, on peut aussi utiliser 10 p. 100 de Carbowax sur Chromosorb W à granulométrie de 80/100 (ASTM, 1981), 10 p. 100 de tri-1, 2, 3 (cyano-2 éthoxyle) propane sur Chromosorb PAW à granulométrie de 100/200 (Hester, 1979), et 1 p. 100 de OV-101 (ou SE-30) sur Chromosorb W à granulométrie de 100/120 (Jones 1976; IERL, 1976).

L'utilisation d'un détecteur à photo-ionisation (DPI) plutôt que d'un détecteur à ionisation de flamme (DIF) permet de détecter des teneurs inférieures à 10^{-9} sans préconcentration ou piégeage. Il peut devenir nécessaire de diluer l'échantillon si l'analyse par CPG-DPI se fait dans une unité mobile sur les lieux de l'accident, là où la teneur risque de dépasser la plage du détecteur (Hester, 1979).

11.2 Identification du polluant présent dans l'air (analyse qualitative)

L'air est aspiré dans un tube en verre comme il est indiqué à la section 11.1.1. L'échantillon est désorbé avec du chloroforme et identifié par la réaction d'alkylation de Friedel-Crafts. On introduit 100 mg environ de chlorure d'ammonium anhydre dans un tube à essais et on chauffe jusqu'à sublimation. Une fois qu'il a refroidi, on ajoute une goutte de l'extrait et deux gouttes de chloroforme, puis on agite. L'apparition d'une couleur rouge orangé indique la présence d'un noyau aromatique (Owen, 1969).

11.3 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyses quantitatives)

11.3.1 Chromatographie en phase gazeuse (ASTM, 1979). – On peut mesurer les teneurs en éthylbenzène supérieures à 1 ppm en injectant directement l'échantillon d'eau dans le chromatographe à phase gazeuse (CPG). C'est la meilleure technique pour identifier un produit déversé ou mesurer de faibles teneurs en éthylbenzène (voir 11.1.1). On prélève un échantillon représentatif dans une bouteille en verre. L'analyse se fait par CPG à l'aide de colonnes et de détecteurs décrits en 11.1.1. Si la teneur est inférieure à 1 ppm on peut concentrer l'échantillon par évaporation, congélation, extraction par solvant ou adsorption sur charbon activé. Les échantillons à forte teneur peuvent être dilués. On élimine les particules ou la matière en suspension par centrifugation ou par filtration sur membrane. L'acidification de l'échantillon facilitera la dissolution des particules. La CPG est avantageuse dans le cas d'un déversement mixte, car on peut alors séparer et analyser deux substances ou plus. On peut combiner la CPG et la spectroscopie de masse pour confirmer le contenu de l'échantillon.

11.3.2 Spectroscopie de l'infrarouge (AWWA, 1976). – On peut mesurer des teneurs en éthylbenzène comprises entre 4 et 40 ppm dans l'eau avec une précision de ± 10 p. 100 en utilisant des cuves de 1 cm de traversée. Approximativement 1 litre d'eau est échantillonné. On détermine le volume avec exactitude, puis d'échantillon est acidifié avec de l'acide chlorhydrique. L'éthylbenzène est ensuite extrait en utilisant du Fréon 113 (1, 1, 2-trichloro-1, 2, 2-trifluoroéthane). Le rendement de l'extraction est de 99 p. 100. En utilisant une cellule de quartz remplie de Fréon 113 comme référence avec un spectrophotomètre infrarouge à double faisceau, l'échantillon est balayé de 3 200 cm^{-1} à 2 700 cm^{-1}. L'avantage de cette technique, comparativement à d'autres qui requièrent le chauffage de l'échantillon, c'est que la perte par volatilisation est minimisée. La sensibilité obtenue est faible, mais suffisante dans le cas d'un déversement. Elle n'est pas spécifique, de sorte que l'identité du produit déversé doit être connue.

11.3.3 **Gravimétrie** (AWWA, 1976). – Cette technique convient dans le cas de teneurs de plus de 10 ppm. La précision est ± 6 p. 100. On recueille un litre d'échantillon, dont on détermine le volume avec précision, puis on l'acidifie avec de l'acide chlorhydrique. L'éthylbenzène est extrait au moyen de Fréon 113 (trichloro-1, 1, 2-trifluoro-1, 2, 2 éthane). Le taux d'extraction s'élève à 99 p. 100. Le Fréon est distillé dans le flacon d'extraction placé au bain-marie à 70 °C. Il peut se produire des pertes si la température n'est pas soigneusement maintenue. On fait passer de l'air dans le flacon pendant la dernière minute pour éliminer toute trace de Fréon. On refroidit le flacon, puis on le pèse. Il s'agit d'une technique simple, économique, qui n'exige aucun appareil compliqué. Elle n'est pas très sensible, ni particulièrement spécifique, mais elle convient dans le cas de déversements accidentels de matières connues.

11.4 Identification du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative)

On extrait au chloroforme l'échantillon d'eau, puis on utilise la réaction d'alkylation de Friedel-Crafts pour identifier les hydrocarbures aromatiques. On introduit 100 mg environ de chlorure d'ammonium anhydre dans un tube à essais, puis on le chauffe jusqu'à sublimation. Lorsqu'il s'est refroidi, on ajoute une goutte de l'extrait et deux gouttes de chloroforme, en agitant. L'apparition d'une couleur rouge orangé indique la présence d'un composé aromatique cyclique (Owen, 1969). La spectroscopie de l'infrarouge décrite en 11.3.2 peut servir à identifier le produit de façon qualitative par observation de la présence de bandes d'absorption entre 3 200 cm^{-1} et 2 700 cm^{-1} (AWWA, 1976).

11.5 Dosage du polluant présent dans le sol (analyses quantitatives)

11.5.1 **Chromatographie en phase gazeuse** (NIOSH, 1977; ASTM, 1979). – On peut détecter des teneurs en éthylbenzène de l'ordre de ppm (10^{-6}) grâce à un détecteur à ionisation de flamme. La limite de détection peut être étendue jusqu'à 10^{-9} lorsqu'on utilise un détecteur à photo-ionisation.

On introduit dans un flacon en verre 20 g de sol, pesé avec précision, que l'on sèche en ajoutant du sulfate de magnésium. On utilise du Fréon (trichloro-1, 1, 2-trifluoro-1, 2, 2 éthane) pour extraire l'éthylbenzène du sol. Le Fréon est distillé dans le flacon placé au bain-marie à 70 °C. Il peut se produire des pertes d'échantillon si la température n'est pas maintenue constante. On fait passer de l'air dans le flacon pendant la dernière minute pour éliminer toute trace de Fréon. On dissout le résidu dans un disulfure de carbone. Puis, on injecte la solution dans un chromatographe à phase gazeuse pourvu d'une colonne et d'un détecteur comme ceux qui sont décrits en 11.1.1. C'est la technique par excellence pour identifier une matière déversée ou pour déceler de faibles teneurs en éthylbenzène.

11.5.2 **Spectroscopie de l'infrarouge** (AWWA, 1976). – On peut mesurer des teneurs en éthylbenzène allant de 4 à 40 ppm dans le sol au moyen de cuves de 1 cm de traversée. On introduit dans un flacon en verre 20 g de sol, pesé avec précision, qu'on sèche en ajoutant du sulfate de magnésium. Le Fréon 113 (trichloro-1, 1, 2-trifluoro-1, 2, 2 éthane) sert à extraire l'éthylbenzène du sol. Après avoir placé des cellules de quartz contenant du Fréon dans le faisceau de référence d'un spectrophotomètre enregistreur IR à double faisceau, on balaie les échantillons de 3 200 cm^{-1} à 2 700 cm^{-1}. Cette technique est simple et économique. Elle n'est pas très sensible mais elle convient dans le cas de déversements de produits de composition connue.

11.6 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)

La réaction d'alkylation de Friedel-Crafts sert à identifier les hydrocarbures aromatiques. On extrait un échantillon de sol au moyen de Fréon 113 (trichloro-1, 1, 2-trifluoro-1, 2, 2 éthane), puis on évapore le Fréon de la manière indiquée en 11.5.3. Le résidu est placé dans le chloroforme. On introduit dans un tube à essais 100 mg de chlorure d'aluminium anhydre qu'on chauffe jusqu'à sublimation. Une fois qu'il s'est refroidi, on ajoute plusieurs gouttes du chloroforme contenant le résidu, en agitant. L'apparition d'une couleur rouge orangé indique la présence d'un composé aromatique cyclique (Owen, 1969). La spectroscopie de l'infrarouge décrite en 11.5.2 peut être utilisée pour détecter de façon qualitative l'éthylbenzène par observation de bandes d'absorption entre 3 200 cm^{-1} et 2 700 cm^{-1} (AWWA, 1976).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE*

12.1 Références

Abbot 1961: Abbot, M.B., "On the Spreading of One Liquid over Another, Part II", La Houille Blanche, Vol. 6, pp. 928-946. (December, 1961).

Angerer 1979: Angerer, J., Lehnert, G., "Occupational Chronic Exposure to Organic Solvents: VIII Phenolic Compounds: Metabolites of Alkyl Benzenes in Man: Simultaneous Exposure to Ethylbenzene and Xylenes", Int. Arch. Occup. Environ. Health, Vol. 43, No. 2, p. 145. (1979).

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2908-74, D1192-70, D3370. (1979).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odour and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

ASTM 1981: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 26: Gaseous Fuels; Coal and Coke; Atmospheric Analysis, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D3687-78. (1981).

AWQC 1980: Environmental Protection Agency, Ambient Water Quality Criteria for Ethylbenzene, EPA Criteria Standards Division, Washington, D.C., EPA 400/5-80-048. (October, 1980).

AWWA 1976: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 515-521. (1976).

Bardodej 1970: Bardodej, Z., Bardodejova, E., "Biotransformation of Ethylbenzene, Styrene and α-Methylstyrene in Man", American Industrial Hygiene Association Journal, pp. 206-209. (March-April, 1970).

Blokker 1971: Blokker, P.C., Migration of Oil in Soil, Presented at International Conference "Antinquinamenta 71", Milan Fair of Anti-Pollution Equipment, Report No. 9/71, Milan, Italy. (November, 1971).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Bringmann 1980: Bringmann, G., Kuehn, R., "Comparison of the Toxicity Thresholds of Water Pollutants to Bacteria, Algae, and Protozoa in the Cell Multiplication Inhibition Test", Water Research, Vol. 14, No. 3, pp. 231-241. (1980).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

* Listes reproduites de l'édition anglaise

CCD 1978: Hawley, G.G., The Condensed Chemical Dictionary, Ninth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1977).

CCPA 1982: Canadian Chemical Producers Association, Private Communication (1982).

Chem Eng. 1975: Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 82, No. 20, pp. 73-81. (29 September 1975).

Chiou and Schmedding 1982: Chiou, C.T., Schmedding, D.W., "Partitioning of Organic Compounds in Octanol-Water Systems", Environmental Science and Technology, Vol. 16, No. 1, pp. 4-10. (1982).

CHRIS 1974: U.S. Department of Transportation, CHRIS Hazard Assessment Handbook, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-446-3. (April, 1974).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Corpus 1981: Corpus Information Services Ltd., "Ethylbenzene", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (April, 1981).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Dillon 1982: M.M. Dillon Ltd., Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Ontario. (1982).

Doc. TLV 1980: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1980).

Dow ERIS 1978: Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet, Sarnia, Ontario. (August, 1980).

Dow PPS 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, Michigan, Brochure 178-102-72. (1972).

Dow PS 1980: Dow Chemical Company, Dow Products and Services for Industry Farm and Home, Midland, Michigan. (1980).

Dreisbach 1980: Dreisbach, R.H., Handbook of Poisoning: Prevention, Diagnosis, and Treatment, Tenth Edition, Lange Medical Publications, Los Altos, California. (1980).

Dutkiewicz 1967: Dutkiewicz T., Tyras, H., "A study of the Skin Absorption of Ethylbenzene in Man", British Journal of Industrial Medicine, Vol. 24, pp. 330-332. (1967).

Eisenberg 1975: Eisenberg, N.A., Lynch, C.J., Kumar, R.M., A Critical Technical Review of Six Hazard Assessment Models, Enviro Control Incorporated, Rockville, Maryland. (December, 1975).

EPA 12020: Environmental Protection Agency, The Effects of Chlorination on Selected Organic Chemicals, Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA 12020. (March, 1972).

EPA 440/9-75-009: Environmental Protection Agency, Supplement to Development Document: Hazardous Substances Regulations, Section 311 Federal Water Pollution Control Act, EPA Office of Water Planning and Standards, Washington, D.C., EPA 440/9-75-009. (November, 1975).

EPA 560/11-80-018: Santodonato, J., Meylan, W.M. et al., Investigation of Selected Potential Environmental Contaminants: Styrene, Ethylbenzene and Related Compounds, EPA Office of Toxic Substances, Washington, D.C., EPA 560/11-80-018. (May, 1980).

EPA 600/2-77-227: Huibregtse, K.R. et al., Envirex Inc., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. EPA, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 600/2-77-227. (November, 1977).

EPA 600/2-80-076: Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. (April, 1980).

EPA 600/8-80-023: Dobbs, R.A., Cohen, J.M., Carbon Adsorption Isotherms for Toxic Organics, Environmental Protection Agency, Waste Water Research Division, Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati, Ohio, EPA 600/8-80-023. (April, 1978).

EPA 600/8-80-042E: Environmental Protection Agency, Treatability Manual, Volume V, Summary, U.S. EPA, Office of Research Development, Washington, D.C., EPA 600/8-80-042E. (July, 1980).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Calspan Corporation, Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. EPA, NERC, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

Fannelop 1972: Fannelop, T.K., Waldman, G.D., "Dynamics of Oil Slicks", AIAA Journal, Vol. 10, No. 4, pp. 506-510. (April, 1972).

Fay 1969: Fay, J.A., "The Spread of Oil Slicks on a Calm Sea", IN Oil on the Sea, edited by D.P. Hoult, Plenum Press, New York, pp. 53-63. (1969).

Finachem PDS 1981: Finachem Canada Inc., Ethylbenzene Production Data Sheet, Montreal, Quebec. (1981).

Fed. Reg. 1981: Environmental Protection Agency, "Ethylbenzene, Phenol, 1,4-Dichlorophenol, 2,4,5-Trichlorophenol and Pentachlorophenol and the List of Toxic Pollutants of the Clean Water Act", Federal Register, Vol. 46, No. 5, pp. 2267-2273. (January, 1981).

Fingas 1979: Fingas, M.F., Duval, W.S., Stevenson, G.B., The Basics of Oil Spill Cleanup, Environment Canada, Ottawa, Ontario. (1979).

Fingas 1980: Fingas, M.F., Sydor, M., Development of an Oil Spill Model for the St. Lawrence River, Technical Bulletin No. 116, Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa, Ontario. (1980).

Freeze and Cherry 1979: Freeze, R.A., Cherry, J.A., Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. (1979).

GE 1978: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1978).

GF: GF Plastic Systems, Inc., Santa Ana, California, Brochure 676-10. Not Dated.

Haley 1981: Haley, T.J., "A Review of the Literature on Ethylbenzene", Dangerous Properties of Industrial Materials Report, Vol. 1-4. (July-August, 1981).

Hester 1979: Hester, N.E., Meyer, R.A., "A Sensitive Technique for Measurement of Benzene and Alkylbenzenes in Air", Environmental Science and Technology, Vol. 13, No. 1, p. 107. (1979).

Hoult 1970: Hoult, D.P., Suchon, W., The Spread of Oil in a Channel, Fluid Mechanic Lab Report, MIT. (1970).

IERL 1976: Environmental Protection Agency, TRW Systems Group, IERL-RTP Procedures Manual: Level of Environmental Assessment, Washington, D.C., EPA 600-2-76-160a. (June, 1976).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Johnson 1980: Johnson, W.W., Finley, M.T., Handbook of Acute Toxicity of Chemicals To Fish and Aquatic Invertebrates, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., p. 83. (1980).

Jones 1976: Jones, P.W. et al., Technical Manual for Analysis of Organic Materials in Process Streams, Battelle Columbus Laboratories, Columbus, Ohio. (January, 1976).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Lefèvre 1980: Lefevre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents -For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Little 1970: Little, A.D. (ed.), Relationship between Organic Chemical Pollution of Fresh Water and Health, A.D. Little Inc., FWQA. (December, 1970).

MCA 1960: Manufacturing Chemists Association, Benzene, Washington, D.C. (1960).

McKinney 1956: McKinney, R.E., Tomlinson, M.O., Wilcox, R.C., "Metabolism of Aromatic Compounds by Activated Sludge", Sewage Ind. Wastes, Vol. 28, No. 4. (April, 1956).

Merck 1976: Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

Middlebrooks 1973: Middlebrooks, E.J., Garpor, M.J., Caspar, R.D., Reynolds, J.H., Procella, D.N., Effects of Temperature on the Toxicity to Aquatic Biota of Waste Discharge - A Compilation of the Literature, NTIS PB-239 127. (October, 1973).

NACE 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH 1977: National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 2, S. 29., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

NIOSH Guide 1978: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labour, Washington, D.C. (1978).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labour, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

Noller 1958: Noller, C.R., Chemistry of Organic Compounds, Second Edition, W.B. Sanders Co., Philadelphia, Pennsylvania. (1958).

NRC 1981: United States National Research Council, The Alkyl Benzenes, Committee on Alkyl Benzene Derivatives, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards, Assemble of Life Sciences, National Academy Press, Washington, D.C. (1981).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. EPA, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Opdyke 1975: Opdyke, D.L.J., "Monographs on Fragrance Raw Materials - Ethylbenzene", Food Cosmetic Toxicology, Vol. 13, Suppl., pp. 803-804. (1975).

Owen 1969: Owen, T.C., Characterization of Organic Compounds by Chemical Methods, Marcel Dekker, Inc., New York, p. 67. (1969).

Patty 1981: Clayton, G.D., Clayton, F.E. (ed.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, J. Wiley and Sons, Toronto, Ontario. (1981).

PC: Personal Communication, Polysar Corp., Sarnia, Ontario. (15 October 1981).

Perry 1973: Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw Hill Book Company, New York. (1973).

Personal Communication EPS 1982: Personal Communication, Environmental Protection Service (Ontario), Environment Canada, Toronto, Ontario. (15 February 1982).

Personal Communication MOE 1982: Personal Communication, Ontario Ministry of the Environment, Sarnia, Ontario. (16 February 1982).

Pickering 1966: Pickering, O.H., Henderson, C., "Acute Toxicity of Some Important Petrochemicals to Fish", Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 38, No. 9, pp. 1419-1429. (1966).

PIM 1966: Pesticide Information Manual, N.E. Regional Pesticide Coordinators, Nova Scotia. (1966).

Proctor 1978: Proctor, N.H., Hughes, J.P., Chemical Hazards of the Workplace, J.B. Lippincott Company, Toronto, Ontario. (1978).

PTP 1980: Sittig, M. (ed.), Priority Toxic Pollutants, Health Impacts and Allowable Limits, Noyes Data Corp., New Jersey, pp. 217-220. (1980).

Raj 1974: Raj, Phani P.K., Lakekar, A.S., Assessment Models in Support of Hazard Assessment Handbook, Arthur D. Little Inc., Cambridge, Massachusetts, Department of Transportation, U.S. Coast Guard, p. 238. (January, 1974).

Rosenstock 1977: Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

Rouse 1961: Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York. (1961).

RTDCR 1974: Regulations for the Transport of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., National Institute for Occupational Safety and Health, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances 1979, Vols. 1, 2. Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

RTECS (on-line) 1981: National Institute for Occupational Safety and Health, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, U.S. Department of Health and Human Services, Microfiche. (October, 1981).

Ryerman 1966: Ryerman, D.W., Drabnakara Rho, A.V.S., Buzzal, J.C. Jr., Behaviour of Organic Chemicals in the Aquatic Environment, Manufacturing Chemists Association, Washington, D.C. (1966).

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York. (1979).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York. (1971).

Sun Petroleum MSDS 1981: Sun Petroleum Products Company, Material Safety Data Sheet, Sun Oil Company of Pennsylvania. (3 May 1981).

Sussex 1977: Pedley, J.B., Rylance, J., Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England. (1977).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1. (Lists), Vol. 2, Ottawa, Ontario. (June, 1980).

Thibodeaux 1979: Thibodeaux, L.J., Chemodynamics - Environmental Movement of Chemicals in Air, Water and Soil, J. Wiley & Sons Inc., New York. (1979).

TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLVs® Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

TMAE 1978: Oregon State University, Corvallis Water Resources Research Institute, Toxic Materials in the Aquatic Environment, Office of Water Research Technology, Washington, D.C., PB-297-837, p. 107. (July, 1978).

TOX TIPS: Toxicology Testing in Progress, Sponsored by Toxicology Information Subcommittee, DHEW Committee to Coordinate Environmental and Related Programs. Available from the National Library of Medicine and NTIS. (1981).

TSA 1980: Shuckrow, A.J., Pajak, A.P., Osheka, J.W., Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment, Touhill, Shuckrow and Associates, Inc., Pittsburgh, Pennsylvania. (1980).

Uniroyal: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not Dated.

USDHEW 1977: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW, NIOSH Publication No. 77-181. (1977).

USDHEW 1980: U.S. Department of Health and Human Services, First Annual Report on Carcinogens, National Toxicology Program, U.S. Public Health Service, Washington, D.C. (1980).

Verschueren 1977: Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Co., New York. (1977).

WQC 1972: National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., p. 148. (1972).

WQCDB-1 1970: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book, A.D. Little Inc., Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 1, p. 315. (1970).

12.2 Bibliographie

Abbot, M.B., "On the Spreading of One Liquid over Another, Part II", La Houille Blanche, Vol. 6, pp. 928-946. (December, 1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1980).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLVs® Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 26: Gaseous Fuels; Coal and Coke; Atmospheric Analysis, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D3687-78. (1981).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D2908-74, D1192-70, D3370. (1979).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odour and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 515-521. (1976).

Angerer, J., Lehnert, G., "Occupational Chronic Exposure to Organic Solvents: VIII Phenolic Compounds: Metabolites of Alkyl Benzenes in Man: Simultaneous Exposure to Ethylbenzene and Xylenes", Int. Arch. Occup. Environ. Health, Vol. 43, No. 2, p. 145. (1979).

Bardodej, Z., Bardodejova, E., "Biotransformation of Ethylbenzene, Styrene and α-Methylstyrene in Man", American Industrial Hygiene Association Journal, pp. 206-209. (March-April, 1970).

Blokker, P.C., Migration of Oil in Soil, Presented at International Conference "Antinquinamenta 71", Milan Fair of Anti-Pollution Equipment, Report No. 9/71, Milan, Italy. (November, 1971).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Bringmann, G., Kuehn, R., "Comparison of the Toxicity Thresholds of Water Pollutants to Bacteria, Algae, and Protozoa in the Cell Multiplication Inhibition Test", Water Research, Vol. 14, No. 3, pp. 231-241. (1980).

Canadian Transport Commission, Regulations for the Transport of Dangerous Commodities by Rail. (1974).

Canadian Chemical Producers Association, Private Communication. (1982).
Chiou, C.T., Schmedding, D.W., "Partitioning of Organic Compounds in Octanol-Water Systems", Environmental Science and Technology, Vol. 16, No. 1, pp. 4-10. (1982).

Clayton, G.D., Clayton, F.E. (ed.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, J. Wiley and Sons, Toronto, Ontario. (1981).

Corpus Information Services Ltd., "Ethylbenzene", Chemical Product Profiles, Corpus Information Services Ltd., Don Mills, Ontario. (April, 1981).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Dobbs, R.A., Cohen, J.M., Carbon Adsorption Isotherms for Toxic Organics, Environmental Protection Agency, Waste Water Research Division, Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati, Ohio, EPA 600/8-80-023. (April, 1978).

Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet, Sarnia, Ontario. (August, 1980).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Dow Chemical Company, Midland, Michigan, Brochure 178-102-72. (1972).

Dow Chemical Company, Dow Products and Services for Industry Farm and Home, Midland, Michigan. (1980).

Dreisbach, R.H., Handbook of Poisoning: Prevention, Diagnosis, and Treatment, Tenth Edition, Lange Medical Publications, Los Altos, California. (1980).

Dutkiewicz, T., Tyras, H., "A Study of the Skin Absorption of Ethylbenzene in Man", British Journal of Industrial Medicine, Vol. 24, pp. 330-332. (1967).

Eisenberg, N.A., Lynch, C.J., Kumar, R.M., A Critical Technical Review of Six Hazard Assessment Models, Enviro Control Incorporated, Rockville, Maryland. (December, 1975).

Environmental Protection Agency, Ambient Water Quality Criteria for Ethylbenzene, EPA Criteria Standards Division, Washington, D.C., EPA 400/5-80-048. (October, 1980).

Environmental Protection Agency, "Ethylbenzene, Phenol, 1,4-Dichlorophenol, 2,4,5-Trichlorophenol and Pentachlorophenol and the List of Toxic Pollutants of the Clean Water Act", Federal Register, Vol. 46, No. 5, pp. 2267-2273. (January, 1981).

Environmental Protection Agency, Supplement to Development Document: Hazardous Substances Regulations, Section 311 Federal Water Pollution Control Act, EPA Office of Water Planning and Standards, Washington, D.C., EPA 440/9-75-009. (November, 1975).

Environmental Protection Agency, The Effects of Chlorination on Selected Organic Chemicals, Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA 12020. (March, 1972).

Environmental Protection Agency, Treatability Manual, Volume V, Summary, U.S. EPA, Office of Research Development, Washington, D.C., EPA 600/8-80-042E. (July, 1980).

Environmental Protection Agency, TRW Systems Group, IERL-RTP Procedures Manual: Level of Environmental Assessment, EPA 600-2-76-160a. (June, 1976).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book, A.D. Little Inc., Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 1, p. 315. (1970).

Fannelop, T.K., Waldman, G.D., "Dynamics of Oil Slicks", AIAA Journal, Vol. 10, No. 4, pp. 506-510. (April, 1972).

Fay, J.A., "The Spread of Oil Slicks on a Calm Sea", IN Oil on the Sea, edited by D.P. Hoult, Plenum Press, New York, pp. 53-63. (1969).

Finachem Canada Inc., Ethylbenzene Production Data Sheet, Montreal, Quebec. (1981).

Fingas, M.F., Duval, W.S., Stevenson, G.B., The Basics of Oil Spill Cleanup, Environment Canada, Ottawa, Ontario. (1979).

Fingas, M.F., Sydor, M., Development of an Oil Spill Model for the St. Lawrence River, Technical Bulletin No. 116, Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa, Ontario. (1980).

Freeze, R.A., Cherry, J.A., Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. (1979).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1978).

GF Plastic Systems, Inc., Santa Ana, California, Brochure 676-10. Not Dated.

Haley, T.J., "A Review of the Literature on Ethylbenzene", Dangerous Properties of Industrial Materials Report, Vol. 1-4, (July-August, 1981).

Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. (April, 1980).

Hawley, G.G., The Condensed Chemical Dictionary, Ninth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1977).

Hester, N.E., Meyer, R.A., "A Sensitive Technique for Measurement of Benzene and Alkylbenzenes in Air", Environmental Science and Technology, Vol. 13, No. 1, p. 107. (1979).

Hoult, D.P., Suchon, W., The Spread of Oil in a Channel, Fluid Mechanic Lab Report, MIT. (1970).

Huibregtse, K.R. et al., Envirex Inc., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Centre, Cincinnati, Ohio, EPA 600/2-77-227. (November, 1977).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Johnson, W.W., Finley, M.T., Handbook of Acute Toxicity of Chemicals To Fish and Aquatic Invertebrates, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., p. 83. (1980).

Jones, P.W. et al., Technical Manual for Analysis of Organic Materials in Process Streams, Battelle Columbus Laboratories, Columbus, Ohio. (January, 1976).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances 1979, Vols. 1, 2, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Little, A.D. (ed.), Relationship between Organic Chemical Pollution of Fresh Water and Health, A.D. Little Inc., FWQA. (December, 1970).

Manufacturing Chemists Association, Benzene, Washington, D.C. (1960).

McKinney, R.E., Tomlinson, M.O., Wilcox, R.C., "Metabolism of Aromatic Compounds by Activated Sludge", Sewage Ind. Wastes, Vol. 28, No. 4. (April, 1956).

Middlebrooks, E.J., Garpor, M.J., Caspar, R.D., Reynolds J.H., Procella, D.N., Effects of Temperature on the Toxicity to Aquatic Biota of Waste Discharge - A Compilation of the Literature, NTIS PB-239 127. (October, 1973).

M.M. Dillon Ltd., Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Ontario. (1982).

National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., p. 148. (1972).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 2, S. 29, Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

National Institute for Occupational Safety and Health, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, U.S. Department of Health and Human Services, Microfiche. (October, 1981).

Noller, C.R., Chemistry of Organic Compounds, Second Edition, W.B. Sanders Co., Philadelphia, Pennsylvania. (1958).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. EPA, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Opdyke, D.L.J., "Monographs on Fragrance Raw Materials - Ethylbenzene", Food Cosmetic Toxicology, Vol. 13, Suppl., pp. 803-804. (1975).

Oregon State University, Corvallis Water Resources Research Institute, Toxic Materials in the Aquatic Environment, Office of Water Research Technology, Washington, D.C., PB-297-837, p. 107. (July, 1978).

Owen, T.C., Characterization of Organic Compounds by Chemical Methods, Marcel Dekker, Inc., New York, p. 67. (1969).

Pedley, J.B., Rylance, J., Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England. (1977).

Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York. (1973).

Personal Communication, Environmental Protection Service, (Ontario), Environment Canada, Toronto, Ontario. (15 February 1982).

Personal Communication, Ontario Ministry of the Environment, Sarnia, Ontario. (16 February 1982).

Personal Communication, Polysar Corp., Sarnia, Ontario. (15 October 1981).

Pesticide Information Manual, N.E. Regional Pesticide Coordinators, Nova Scotia. (1966).

Pickering, O.H., Henderson, C., "Acute Toxicity of Some Important Petrochemicals to Fish", Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 38, No. 9, pp. 1419-1429. (1966).

Pilie, R.J. et al., Calspan Corporation, Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. EPA, NERC, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Proctor, N.H., Hughes, J.P., Chemical Hazards of the Workplace, J.B. Lippincott Company, Toronto, Ontario. (1978).

Raj, Phani P.K., Lakekar, A.S., Assessment Models in Support of Hazard Assessment Handbook, Arthur D. Little Inc., Cambridge, Massachusetts, Department of Transportation, U.S. Coast Guard, p. 238. (January, 1974).

Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York. (1961).

Ryerman, D.W., Drabnakara Rho, A.V.S., Buzzal, J.C. Jr., Behaviour of Organic Chemicals in the Aquatic Environment, Manufacturing Chemists Association, Washington, D.C. (1966).

Santodonato, J., Meylan, W.M. et al., Investigation of Selected Potential Environmental Contaminants: Styrene, Ethylbenzene and Related Compounds, EPA Office of Toxic Substances, Washington, D.C., EPA 560/11-80-018. (May, 1980).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York. (1979).

Shuckrow, A.J., Pajak, A.P., Osheka, J.W., Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment, Touhill, Shuckrow and Associates, Inc., Pittsburgh, Pennsylvania. (1980).

Sittig, M. (ed.), Priority Toxic Pollutants, Health Impacts and Allowable Limits, Noyes Data Corp., New Jersey, pp. 217-220. (1980).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York. (1971).

Sun Petroleum Products Company, Material Safety Data Sheet, Sun Oil Company of Pennsylvania. (3 May 1981).

Thibodeaux, L.J., Chemodynamics - Environmental Movement of Chemicals in Air, Water and Soil, J. Wiley & Sons Inc., New York. (1979).

Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Ontario. (June, 1980).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line. Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Toxicology Testing in Progress, Sponsored by Toxicology Information Subcommittee, DHEW Committee to Coordinate Environmental and Related Programs. Available from the National Library of Medicine and NTIS. (1981).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not Dated.

United States National Research Council, The Alkyl Benzenes, Committee on Alkyl Benzene Derivatives, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards, Assemble of Life Sciences, National Academy Press, Washington, D.C. (1981).

U.S. Department of Health and Human Services, First Annual Report on Carcinogens, National Toxicology Program, U.S. Public Health Service, Washington, D.C. (1980).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labour, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW, NIOSH Publication No. 77-181, Washington, D.C. (1977).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labour, Washington, D.C. (1978).

U.S. Department of Transportation, CHRIS Hazard Assessment Handbook, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-446-3. (April, 1974).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Co., New York. (1977).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 28, No. 20, pp. 73-81. (29 September 1975).